Modelo productivo

de **lima ácida Tahití (*Citrus* × *latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez)** para Colombia

Colección Transformación del Agro

El campo es de todos

Minagricultura

Modelo productivo de lima ácida Tahití (*Citrus* × *latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) para Colombia

Autores

Nubia Murcia Riaño
Mauricio Fernando Martínez
Javier Orlando Orduz-Rodríguez
Liliana Ríos-Rojas
Yeison López Galé
Marlon José Yacomelo Hernández
Arturo Carabalí Muñoz
Takumasa Kondo
María Cristina García Muñoz
Nora Cristina Mesa
Jairo López González
Lumey Pérez Artiles
Diana Milena Rodríguez Mora
José Mauricio Montes Rodríguez
Mónica Betancourt Vásquez
Isaura Viviana Rodríguez Torres
Juliene Andrea Barreto Rojas
Rubilma Tarazona Velásquez
Diana Mayerly Mateus Cagua
Heberth Augusto Velásquez Ramírez
Hover Beltrán López
Yeinny Carolina Pisco Ortiz
Leonardo Álvarez Ríos
Clever Gustavo Becerra Romero
Blanca Lucía Botina Azaín
Liliana Carolina Castillo Villamor
Edwin Oswaldo Rojas Barbosa
Jhon Mauricio Estupiñán Casallas
Andrea Onelia Rodríguez Roa

Mosquera, Colombia, 2020

Modelo productivo de lima ácida Tahití (*Citrus* × *latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) para Colombia / Nubia Murcia Riaño [y otros veintiocho] -- Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2020.

430 páginas (Colección Transformación del Agro)
Incluye referencias bibliográficas, tablas, fotos
ISBN E-book: 978-958-740-343-5

1. Citrus 2. Cultivo 3. Anatomía de la planta 4. Propagación de plantas 5. Germinación de las semillas 6. Manejo del suelo 7. Nutrición de las plantas 8. Plagas de plantas 9. Enfermedades de las plantas 10. Análisis económico

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc
Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)
Centro de Investigación La Libertad. Kilómetro 17, Vía Puerto López, Meta. Código postal 502008, Colombia.
Centro de Investigación Palmira. Diagonal a la intersección de la carrera 36A con calle 23, Palmira, Valle del Cauca. Código postal: 763533, Colombia.
Centro de Investigación Palmira. Sede Popayán. Carrera 9 #1N – 20 Primer piso, Popayán, Cauca. Código postal: 190003, Colombia.
Centro de Investigación Tibaitatá. Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera. Código postal 250047, Colombia.
Centro de Investigación Caribia. Corregimiento de Sevilla, municipio Zona Bananera, departamento del Magdalena, a 65 km al sur de la capital de Santa Marta. Código postal 478037, Colombia.
Centro de Investigación La Suiza. Kilómetro 32 Vía al Mar, vereda Galápagos, Ríonegro-Santander. Código postal: 687511, Colombia

Fecha de recepción: 23 de mayo de 2018
Fecha de evaluación: 25 junio de 2018
Fecha de aceptación: 09 de mayo de 2019

Colección Transformación del Agro

Publicado en Mosquera, Colombia, mayo 2020

Preparación editorial
Editorial AGROSAVIA
editorial@agrosavia.co
Edición: Ana María Castillo Montaña y Liliana Gaona G.
Corrección de estilo: Luisa Fernanda Espina
Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@agrosavia.co

Citación sugerida: Murcia Riaño, N., Martínez, M. F., Orduz-Rodríguez, J. O., Ríos-Rojas, L., López Galé, Y., Yacomelo Hernández, M. J., Carabalí Muñoz, A., Kondo, T., García Muñoz, M. C., Mesa, N. C., López González, J., Pérez Artiles, L., Rodríguez Mora, D. M., Montes Rodríguez, J. M., Betancourt Vásquez, M., Rodríguez Torres, I. V., Barreto Rojas, J. A., Tarazona Velásquez, R., Mateus Cagua, D. M., … Andrea Onelia Rodríguez Roa. (2020). *Modelo productivo de lima ácida Tahití (Citrus × latifolia Tanaka ex Q. Jiménez) para Colombia*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

DOI:
https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7403435

https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Esta publicación es el resultado de los proyectos:

Macroproyecto Desarrollo Integral de Modelos productivos sostenibles para el cultivo de especies cítricas en Colombia. Agenda Quinquenal. 2013-2017.
PR08100049. Investigación aplicada, ajuste y transferencia de tecnología para sustentar el desarrollo de la producción de cítricos en el piedemonte del Meta. Pronatta. 1995-1998.
PR08100192. Ajuste de tecnología e introducción de prácticas agronómicas sostenibles para el manejo de frutales e importancia económica (cítricos, papaya y piña) en el departamento del Meta. Asohofrucol. 1999-2001.
PR08100218 Desarrollo y transferencia de tecnología en recursos genéticos, prácticas agronómicas y de nutrición apropiadas para citricultura Llanera. Pronatta. 2001-2004.
PR08100241. Adaptación y prácticas de manejo de naranjas y limas ácidas para la altillanura colombiana. Fase II. Asohofrucol. 2006-2009.
PR08100261. Estrategias de desarrollo tecnológico y capacitación para el fortalecimiento de la citricultura del departamento del Casanare (Fase I) 2006-2007.
Proyecto 7774. Mejoramiento de la producción y calidad de la naranja Valencia en los Llanos, mediante la investigación de los factores limitantes: agua, nutrición, mineral y eficiencia en el cuajado (Fase II). MADR. 2008-2012.
Proyecto 7775. Comportamiento de patrones promisorios para lima ácida Tahití en la Orinoquía, región Caribe, Santander y valles interandinos. MADR. 2008-2012
Proyecto 2007L7117-632. Nuevas tecnologías para la producción masiva de plántulas sanas de lima acida Tahití en casa de malla antipulgón para la competitividad del sector viverista y productivo de Colombia. MADR. 2007-2010.
Proyecto2008L18033523054. Opciones de Manejo del Agua y la Nutrición para una Producción Sostenible de Lima Ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) en Colombia. MADR. 2012.
Proyecto 2008L4459-3481. Alternativas sostenibles para el manejo del picudo de los cítricos *Compsus* sp en Antioquia y Valle del Cauca
Proyecto Generación de estrategias para el manejo integrado de ácaros que afectan la calidad del fruto en naranja Valencia para una producción competitiva en Colombia 2008-2011 Convocatoria Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación 2008, cofinanciación Universidad Nacional de Colombia. Palmira.
Proyecto 710650227843. Estudio de la exocortis en lima acida Tahití para fortalecer el sistema de diagnós-tico y la sanidad del material de siembra en Colombia. Colciencias.
Proyecto. Desarrollo de los modelos productivos regionales de cítricos. 2015-2017. MADR. TV15.
Proyecto Validación de estrategias de manejo de poblaciones de Compsus viridivitattus, y ácaros como aporte del componente entomológico a la construcción del modelo productivo en cítricos. 2014-2015.
Proyecto Evaluación de entomopatógenos y productos químicos para el control de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) y estudios biológicos de *D. citri* y su enemigo natural principal *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae), del convenio TV15 de la Agenda Quinquenal.
Proyecto 7774. Mejoramiento de la producción y calidad de la naranja Valencia en los Llanos, mediante la investigación de los factores limitantes: agua, nutrición, mineral y eficiencia en el cuajado. FaseII. 2008-2012.
Proyecto. 7775. Comportamiento de patrones promisorios para lima ácida Tahití en la Orinoquía Región Caribe, Santander y Valles interandinos. 2008-2012. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).
Proyecto ID 257. Recomendaciones de uso para patrones de lima ácida Tahití en diferentes zonas del país entregadas. 2015-2016. Meta: Modelo de crecimiento de los frutos de lima ácida Tahití en zonas productoras de Tolima, Valle del Cauca. MADR. TV15.
Proyecto ID 1931. Recomendaciones de uso para patrones de lima ácida Tahití en diferentes zonas del país entregadas. 2015-2016. Meta: Caracterización del tiempo de vida útil y calidad de frutos en poscosecha de la lima ácida Tahití para exportación proveniente de 3 pisos térmicos de Colombia. MADR. TV15.
Proyecto ID 2797. Recomendaciones de uso para patrones de lima ácida Tahití en diferentes zonas del país entregadas. 2015-2016. Meta. Caracterización preliminar del comportamiento productivo y vegeta-tivo de la lima Tahití sobre seis patrones en 5 localidades de Colombia. MADR. TV16
Proyecto ID 2798. Recomendaciones de uso para patrones de lima ácida Tahití en diferentes zonas del país entregadas. 2016-2017. Meta. Recomendación de patrones para la producción de lima ácida Tahití en cinco localidades. MADR. TV16
Proyecto ID 4465. Recomendaciones de uso para patrones de lima ácida Tahití en diferentes zonas del país entregadas. 2018. Meta: Validación y ajuste de tecnologías para el manejo, la nutrición y el riego y la poda en lima ácida Tahití en el Valle del Cauca MADR. TV17.
Proyecto Manejo de viveros y bases tecnológicas para la certificación genética, fisiológica y sanitaria de cítricos. MADR 2015-2017. TV 17.
Proyecto. ID 4297. Modelo Productivo de lima ácida Tahití para Colombia. 2017-2018. Financiado con la transferencia variable. MADR. TV17.

Contenido

Introducción **21**

Capítulo I

Generalidades del cultivo, descripción botánica, variedades y fenología de la lima ácida Tahití **25**

Origen y dispersión 25
Clasificación taxonómica 27
Descripción botánica 27
Raíces 28
Tallos 28
Hojas 29
Tipos de inflorescencias 30
Flores 31
Variedades 34
Fenología 36
Referencias 38

Capítulo II

Descripción agroclimática de las zonas productoras de lima ácida Tahití **42**

La lima ácida Tahití en el mundo 43
La lima ácida Tahití en Colombia 44
Atlántico 47
Nariño 49
Santander 52
Tolima 54
Valle del Cauca 57
Agradecimientos 60
Referencias 60

Capítulo III

Propagación de la lima ácida Tahití **62**

Infraestructura requerida para la propagación 62
Extracción, almacenamientoy germinación de las semillas de los portainjertos 65
Producción de portainjertos 69
Siembra en semillero 69
Riego y fertilización en la etapa de semillero 71
Sustrato y bolsas para trasplante 71
Trasplante de patrones 72
Desarrollo de los portainjertos en fase de vivero 73
Injertación de patrones y desarrollo de las copas 75
Agradecimientos 78
Referencias 78

Capítulo IV
Patrones para lima ácida Tahití.....80
Patrones usados en Colombia..... 81
Resultados de evaluación en Colombia 84
Crecimiento vegetativo y producción..... 85
Limón Volkameriana 85
Cleopatra 86
Citrange Carrizo 87
Citrumelo cpb 4475 o Citrumelo Swingle 87
Kryder 15-3 88
Sunki × Jacobson (S×J) y Sunki × English (S×E).....90
Calidad del fruto..... 91
Agradecimientos..... 94
Referencias..... 94
Capítulo V
Manejo del recurso suelo en huertos de lima ácida Tahití.....99
Atlántico.....100
Nariño.....103
Santander 105
Tolima 107
Valle del Cauca 109
Agradecimientos.....111
Referencias.....111
Capítulo VI 112
Nutrición, correctivos y fertilización de la lima ácida Tahití.....112
Exigencias edáficas para el desarrollo del cultivo 113
Preparación del suelo para el establecimiento del cultivo 113
Fertilidad de los suelos.....116
Herramientas de diagnóstico 116
para el manejo de la fertilidad del suelo.....116
Identificación de síntomas por deficiencia o exceso de nutrientes en las plantas.....117
Análisis foliares y de suelo.....127
Métodos de aplicación de fertilizantes.....133
Aplicación de fertilizantes sólidos 133
Aplicación foliar de fertilizantes 134
Algunas fuentes de fertilizantes y sus usos 135
Manejo de la acidez de los suelos 141
Agradecimientos.....143
Referencias.....143

Capítulo VII
Establecimiento del cultivo de lima ácida Tahití 145
Localización del cultivo 147
Arreglos, distancias y densidades de plantación 147
Cultivos intercalados en la fase de establecimiento 149
Agradecimientos 152
Referencias 152
Capítulo VIII
Prácticas culturales en el cultivo de lima ácida Tahití 154
Preparación del lote para el establecimiento del cultivo 154
Ahoyado y trasplante 155
Cuidados que se deben tener en cuenta en el trasplante 157
Tutorado y podas 158
Tutorado 158
Poda de formación 158
Poda en la etapa de desarrollo 159
Poda sanitaria y de mantenimiento 160
Poda en la etapa productiva 160
Manejo y control de arvenses (malezas) 162
Manejo de arvenses en el área de plateo 163
Referencias 168
Capítulo IX
Riego y drenaje en el cultivo de lima ácida Tahití 170
Modo de aplicación del agua 171
Seguimiento a la humedad del suelo 174
Tiempo y volumen de riego 176
Drenaje 178
Agradecimientos 181
Referencias 182
Capítulo X
Ácaros de importancia económica en lima ácida Tahití 183
Polyphagotarsonemus latus (Banks) (Acarina: Tarsonemidae) 184
Importancia económica, distribución y hospederos 184
Biología 185
Daño 186
Fluctuación poblacional 191
Monitoreo 191
Alternativas de manejo 194

Phyllocoptruta oleivora (Ashmead) (Acarina: Eriophyidae) 198
Importancia económica, distribución y hospederos 198
Biología 199
Daño 201
Fluctuación poblacional 202
Monitoreo 202
Alternativas de manejo 204
Referencias 205

Capítulo XI

Insectos plaga de importancia económica en lima ácida Tahití 211

Minador de los cítricos 211
Biología 212
Daño 213
Estrategias de manejo 213
Escamas protegidas (Hemiptera: Diaspididae) 215
Piojo blanco de los cítricos 216
Moscas blancas 219
Estrategias de manejo 221
Áfidos o pulgones 223
Escamas acanaladas (Hemiptera: Monophlebidae) 227
Escama acanalada (*Icerya purchasi* Maskell) 227
Cochinilla acanalada de Colombia 228
Psílido asiático de los cítricos 231
El picudo de los cítricos 234
Biología 235
Daño 237
Estrategias de manejo 238
Patogenicidad de nematodos entomopatógenos 244
Referencias 246

Capítulo XII

Principales enfermedades en el cultivo de lima ácida Tahití 257

Enfermedades fungosas 259
Antracnosis 259
Gomosis o podredumbre del tallo 268
Fumagina 283
Enfermedades bacterianas 285
El huanglongbing (HLB) 285
Enfermedades sistémicas 297
Tristeza de los cítricos 297
Exocortis 304
Wood pocket 309
Referencias 312

Capítulo XIII

La calidad y el manejo de la cosecha y la poscosecha de la lima ácida Tahití.....326
Planeación de la cosecha 326
Momento óptimo de cosecha.....327
Requisitos del mercado 328
Estado fisiológico y calidad de la fruta 330
Factores de la precosecha que afectan la calidad de la fruta.....334
Manejo cultural.....339
Manejo fitosanitario 341
Recomendacionespara el alistamiento de la cosecha 349
Alistamiento de personal 350
Alistamiento de implementos de cosecha.....350
Alistamiento de herramientas 350
Alistamiento de recipientes de cosecha.....352
Alistamiento del lote 353
Alistamiento de los puntos de almacenamiento 354
Alistamiento del transporte.....355
Cosecha 356
Recomendaciones.....357
Manejo poscosecha.....368
Transporte al punto de acondicionamiento.....369
Recepción 369
Reposo o estabilización 370
Selección 371
Limpieza 372
Desinfección.....373
Secado 374
Encerado y secado.....375
Clasificación 377
Empaque 378
Almacenamiento y transporte 379
Transformación 381
Agradecimientos.....389
Referencias.....390

Capítulo XIV
Análisis económico-financiero del sistema productivo de lima ácida Tahití ... 397
Levantamiento de datos ... 397
Análisis de precios ... 398
Santander ... 400
Análisis de datos ... 400
Costos de inversión ... 402
Costos totales ... 403
Análisis de ingresos ... 404
Análisis financiero de la cosecha ... 405
Análisis financiero de la inversión ... 406
Tolima ... 407
Análisis de datos ... 407
Costos de inversión ... 409
Costos totales ... 410
Análisis de ingresos ... 412
Análisis financiero de la cosecha ... 413
Análisis financiero de la inversión ... 414
Agradecimientos ... 418
Referencias ... 418
Los autores ... 419

Lista de figuras

Figura 1 Tallo de árbol adulto de lima ácida Tahití en limón Volkameriana ... 29

Figura 2 Hojas de lima ácida Tahití..... 30

Figura 3 Detalle de una hoja madura de lima ácida Tahití 30

Figura 4 Detalle de las inflorescencias de la lima ácida Tahití 31

Figura 5 Estructura de la flor de la lima ácida Tahití..... 32

Figura 6 Estructura del fruto de lima ácida Tahití 34

Figura 7 Etapas fenológicas de la floración de la lima ácida Tahití (escala BBCH) ... 37

Figura 8 Principales zonas productoras de lima ácida Tahití en Colombia ... 46

Figura 9 Balance hídrico trimestral del departamento del Atlántico..... 48

Figura 10 Balance hídrico trimestral del departamento de Nariño 51

Figura 11 Balance hídrico trimestral del departamento de Santander 53

Figura 12 Balance hídrico trimestral del departamento del Tolima 56

Figura 13 Balance hídrico trimestral del departamento del Valle del Cauca... 59

Figura 14 Modelo de casa de malla antipulgón para la producción de plantas de lima ácida Tahití..... 63

Figura 15 Semillas de portainjertos de cítricos..... 66

Figura 16 Extracción de semillas de limón Volkameriana. Forma adecuada de cortar el fruto, para evitar el daño de las semillas 68

Figura 17 Semilleros para portainjertos de lima ácida Tahití 69

Figura 18 Curvas de germinación de los portainjertos Sunky × English y Volkameriana, en condiciones de casa de malla antipulgón en el CI Palmira de AGROSAVIA 70

Figura 19 Plántulas en condiciones óptimas para el trasplante en bolsas 72

Figura 20 Desarrollo de los portainjertos cpb 4475 y Kryder 15-3, en casas de malla del CI Palmira de AGROSAVIA 74

Figura 21 Desarrollo de yemas de lima ácida Tahití 76

Figura 22 Vigor de plantas de lima ácida Tahití injertadas sobre seis portainjertos, en el sexto año de establecimiento en el piedemonte del Meta 90
Figura 23 Erosión del suelo en el departamento del Atlántico 102
Figura 24 Erosión del suelo en el departamento de Nariño..... 104
Figura 25 Erosión del suelo en el departamento de Santander 106
Figura 26 Erosión del suelo en el departamento del Tolima..... 108
Figura 27 Erosión del suelo en el departamento del Valle del Cauca..... 110
Figura 28 Síntomas de deficiencia de nitrógeno 118
Figura 29 Hojas que se tornan de color púrpura por la deficiencia de fósforo... 119
Figura 30 Síntomas de deficiencia de potasio 119
Figura 31 Síntomas de deficiencia de calcio..... 120
Figura 32 Síntomas de deficiencia de magnesio 121
Figura 33 Síntomas de deficiencia de azufre..... 122
Figura 34 Síntomas de deficiencia de hierro 123
Figura 35 Síntomas de deficiencia de manganeso..... 123
Figura 36 Síntomas de deficiencia de cobre..... 124
Figura 37 Síntomas de deficiencia de zinc 125
Figura 38 Síntomas de deficiencia de boro 126
Figura 39 Hojas angostas con manchas cilíndricas por deficiencia de molibdeno.. 126
Figura 40 Muestreo de suelo de acuerdo con las características del lote 127
Figura 41 Muestreo de suelo 128
Figura 42 Muestreo de suelo en cultivos de lima ácida Tahití ya establecidos... 130
Figura 43 Toma de muestras foliares para análisis químico..... 131
Figura 44 Fertilización al voleo 133
Figura 45 Aplicación de fertilizante en corona 134
Figura 46 Ahoyado y trasplante de lima ácida Tahití 156
Figura 47 Trasplante de lima ácida Tahití en caballones 157
Figura 48 Tutorado durante el inicio del crecimiento del árbol 158

Figura 49 Poda lateral de lima ácida Tahití, con el fin de mejorar la coloración del fruto para el mercado de exportación. Cultivo para ese mercado en el municipio Martínez de la Torre, estado de Veracruz (México)..... 162

Figura 50 Plateo de árbol de lima ácida Tahití. Esta labor es necesaria para la fertilización, con el fin de evitar la competencia de las malezas con las raíces absorbentes ubicadas dentro y fuera de la zona de goteo .. 164

Figura 51 Control manual de malezas con guadaña 165

Figura 52 Comparación de costos del manejo de malezas con maní forrajero perenne (*Arachis pintoi*) y el sistema tradicional, en el piedemonte del Meta (miles de pesos)..... 166

Figura 53 Cobertura viva de maní forrajero perenne (*Arachis pintoi*) en un huerto de cítricos del CI La Libertad de AGROSAVIA..... 167

Figura 54 Crecimiento en el tiempo del área mojada 172

Figura 55 Bulbo de humedecimiento según el tipo de suelo 172

Figura 56 Ubicación de emisores y sensores de humedad para el control de riego 173

Figura 57 Deslizamiento por mal drenaje en un huerto de lima ácida Tahití en Santander..... 180

Figura 58 Cultivo de cítricos en montículos en Guamo (Tolima)..... 181

Figura 59 Aspecto de diferentes estados de desarrollo de *Polyphagotarsonemus latus* 186

Figura 60 Daño de *Polyphagotarsonemus latus* en hojas de cítricos 187

Figura 61 Daño de *Polyphagotarsonemus latus* en frutos..... 189

Figura 62 Estados fenológicos del fruto que deben ser monitoreados para el manejo de *Polyphagotarsonemus latus*..... 193

Figura 63 Épocas de aplicación de tratamientos para el manejo de *Polyphagotarsonemus latus* en lima ácida Tahití 196

Figura 64 Porcentajes de daño de *Polyphagotarsonemus latus* en la epidermis de los frutos de lima ácida Tahití, luego de dos aplicaciones de diversos tratamientos 197

Figura 65 Población de *Phyllocoptruta oleivora* sobre un fruto de naranja Valencia..... 199

Figura 66 Aspecto de los estados de desarrollo de *Phyllocoptruta oleivora*... 200

Figura 67 Síntomas de *Phyllocoptruta oleivora* en lima ácida Tahití..... 201

Figura 68 Estados fenológicos clave para el manejo de *Phyllocoptruta oleivora* en el fruto de naranja Valencia..... 203

Figura 69 Galerías y larvas del minador de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton en hoja de lima Tahití..... 212

Figura 70 *Unaspis citri* en lima ácida Tahití 216

Figura 71 Moscas blancas en plantas de lima ácida Tahití..... 220

Figura 72 Insectos en lima ácida Tahití..... 224

Figura 73 *Diaphorina citri* en lima ácida Tahití 232

Figura 74 *Compsus viridivittatus* Guérin-Méneville 235

Figura 75 Estados de desarrollo de *Compsus viridivittatus*..... 236

Figura 76 Daños causados por *Compsus viridivittatus*..... 237

Figura 77 Trampa de emergencia tipo cono..... 239

Figura 78 Método de monitoreo de lona al piso..... 240

Figura 79 Método de monitoreo de banda pegajosa..... 241

Figura 80 Parasitoide *Fidiobia* sp. 242

Figura 81 Oviposición de *Compsus viridivittatus*..... 243

Figura 82 Parasitación de adultos de *Compsus viridivittatus* con hongos entomopatógenos 244

Figura 83 Parasitación de larvas de *Compsus viridivittatus* con nematodos entomopatógenos del género *Steinernema* sp. 245

Figura 84 Síntomas de antracnosis en hojas de lima ácida Tahití..... 260

Figura 85 Síntomas de antracnosis en lima ácida Tahití..... 262

Figura 86 Conidias de *Colletotrichum* spp. al microscopio..... 263

Figura 87 Esquema de evaluación de enfermedades en cítricos..... 265

Figura 88 Síntomas de gomosis en lima ácida Tahití..... 269

Figura 89 Cancro externo provocado por *Phytophthora* sp.: oscurecimiento de corteza, exudaciones de goma, pudrición interna en el tronco y en la inserción patrón-copa. 270

Figura 90 Síntomas avanzados de gomosis en lima ácida Tahití 271

Figura 91 Observación al microscopio de *Phytophthora nicotianae*..... 273

Figura 92 Escala visual de daño de *Phytophthora* spp. 275

Figura 93 Porcentaje de incidencia de gomosis en lima ácida Tahití, con distintos patrones en diferentes localidades de Colombia 278

Figura 94 Cirugía de tallos para el control químico de gomosis..... 281

Figura 95 Síntomas de fumagina en plantas de lima ácida Tahití 284

Figura 96 *Diaphorina citri* alimentándose de brotes jóvenes de lima ácida Tahití 286

Figura 97 Moteado asimétrico en hoja de lima ácida Tahití 287

Figura 98 Nervaduras engrosadas con aspecto corchoso, síntoma asociado al HLB, en hojas de lima ácida Tahití 288

Figura 99 Moteado asimétrico en hojas, síntoma asociado con el HLB 289

Figura 100 Síntomas del HLB en hojas de lima ácida Tahití 290

Figura 101 Defoliación en ramas de lima ácida Tahití, síntoma característico del avance del HLB. 291

Figura 102 Parasitismo de adultos de *Diaphorina citri* por hongos entomopatógenos en campo. 296

Figura 103 Síntomas de CTV en plantas de lima ácida Tahití..... 299

Figura 104 Síntomas de CTV en planta de lima mexicana..... 300

Figura 105 Aspecto de los árboles de lima ácida Tahití afectados por exocortis en campo 305

Figura 106 Síntomas de la infección con el viroide CEVd en plantas del clon Arizona 861-S1 del cidro Etrog 306

Figura 107 Síntomas semejantes a los relacionados con la fisiopatía wood pocket en lima ácida Tahití, en la región caribe colombiana 310

Figura 108 Estructura del árbol: orden de revisión de ramas para el análisis de la fisiopatía 311

Figura 109 Frutos de lima ácida Tahití en su estado óptimo de cosecha 327

Figura 110 Lima ácida Tahití apta para la cosecha y el mercado de exportación .. 330

Figura 111 Frutos de lima ácida Tahití en diferentes grados de madurez, representados en las diferentes tonalidades de verde 331

Figura 112 Lima ácida Tahití no apta para exportación, dado su avanzado grado de madurez. 333

Figura 113 Principales tipos de daño en lima ácida Tahití cosechada, causantes de su rechazo en el mercado 334

Figura 114 Aspecto de lima ácida Tahití con baja luminosidad en etapas tempranas de su maduración 336

Figura 115 Daños en frutos de lima ácida Tahití 337

Figura 116 Efecto de la humedad relativa en la forma de los frutos de lima ácida Tahití 338

Figura 117 Efecto de las características del suelo en la calidad de los frutos de lima ácida Tahití..... 339

Figura 118 Daños en frutos de lima ácida Tahití, causados principalmente por hongos (*Colletotrichum* spp.) 341

Figura 119 Pérdidas de lima ácida Tahití causadas por daños de ataques de agentes biológicos..... 342

Figura 120 Diferencias de las arquitecturas de los árboles de lima ácida Tahití según sus portainjertos..... 343

Figura 121 Frutos de lima ácida Tahití proveniente de El Espinal, sobre dos portainjertos diferentes..... 344

Figura 122 Efecto de las condiciones edafoclimáticas en el color del fruto de lima ácida Tahití en dos portainjertos y proveniente dos municipios .. 345

Figura 123 Portainjertos de lima ácida Tahití con arquitecturas diferentes ... 346

Figura 124 Frutos de lima ácida Tahití y fuentes de contaminación en campo ... 347

Figura 125 Efecto de las copas densas en la apariencia externa de frutos de lima ácida Tahití 348

Figura 126 Daños mecánicos en frutos de lima ácida Tahití por diversas causas.. 348

Figura 127 Implementos de protección personal para la cosecha de lima ácida Tahití 350

Figura 128 Alistamiento de herramientas de cosecha 351

Figura 129 Herramientas utilizadas en la cosecha de cítricos 351

Figura 130 Alistamiento de canastillas para la cosecha de lima ácida Tahití ... 353

Figura 131 Lotes de lima ácida Tahití 354

Figura 132 Puntos de acopio y fuentes de contaminación de lima ácida Tahití en campo 355

Figura 133 Vehículos utilizados comúnmente para el transporte de la fruta hacia el mercado 356

Figura 134 Daños más comunes en frutos de lima ácida Tahití, que provocan rechazo en el mercado 357

Figura 135 Cosecha de la lima ácida Tahití 358

Figura 136 Lima ácida Tahití cosechada..... 359

Figura 137 Frutos de lima ácida Tahití con residuos de cosecha, que pueden convertirse en focos de contaminación 360

Figura 138 Frutos de lima ácida Tahití cosechados con pedúnculos largos, que causan heridas a otros frutos 360

Figura 139 Frutos de lima ácida Tahití cosechados con residuos de agroquímicos, que no deben ser comercializados. 361

Figura 140 Daños mecánicos por impacto en frutos de lima ácida Tahití arrojados a la canastilla en el momento de la cosecha. 362

Figura 141 Frutos de lima ácida Tahití húmedos a causa de la lluvia, que no deben ser cosechados. 363

Figura 142 Daños en frutos de lima ácida Tahití causados por impactos, que facilitan el desarrollo de enfermedades..... 363

Figura 143 Puntos de acopio de fruta encontrados en las fincas 364

Figura 144 Color y características de la lima ácida Tahití destinada a mercados internacionales 365

Figura 145 Manejo de la canastilla durante la cosecha..... 367

Figura 146 Acondicionamiento de lima ácida Tahití 370

Figura 147 Proceso de selección de frutos de lima ácida Tahití para exportación ... 371

Figura 148 Remoción de residuos de cosecha en frutos de lima ácida Tahití .. 372

Figura 149 Métodos de limpieza de frutos de lima ácida Tahití 373

Figura 150 Desinfección de frutos de lima ácida Tahití con solución desinfectante a presión 374

Figura 151 Desarrollo de hongos en poscosecha, favorecido por la presencia de humedad superficial 375

Figura 152 Sistema de aplicación de cera con rodillos en frutos de lima ácida Tahití 376

Figura 153 Dos sistemas de clasificación de frutos de lima ácida Tahití por calibre . 377

Figura 154 Empaques de lima ácida Tahití 378

Figura 155 Transporte de lima ácida Tahití en cadena de frío..... 380

Figura 156 Diferentes aspectos de daño por frío en lima ácida Tahití durante su almacenamiento 380

Figura 157 Comportamiento de los precios de distribuidores mayoristas de lima ácida Tahití (diciembre de 2016-mayo de 2017) 399

Figura 158 Vida útil de la producción de lima ácida Tahití, en kilos por hectárea y año (Santander)..... 401

Figura 159 Proyección de ingresos (año/ha) (Santander)..... 404

Figura 160 Vida útil de la producción de lima ácida Tahití, en kilos por hectárea y año (Tolima)..... 408

Figura 161 Proyección de ingresos (año/ha) (Tolima)..... 413

Lista de tablas

Tabla 1 Características de frutos y semillas de los portainjertos de mayor uso en la multiplicación de lima ácida Tahití en el CI Palmira de AGROSAVIA (2017) 67

Tabla 2 Comportamiento de la lima ácida Tahití injertada en diferentes patrones, de acuerdo con resultados reportados en Colombia y otros países.... 84

Tabla 3 Relación general entre densidad aparente del suelo y crecimiento radicular, con base en la textura del suelo 115

Tabla 4 Rangos para interpretar los resultados del análisis químico de suelos... 132

Tabla 5 Absorción de nutrientes para alcanzar rendimientos de 30 t/ha 132

Tabla 6 Extracción de nutrientes (kg t^{-1}) de fruta..... 132

Tabla 7 Algunos productos utilizados en Colombia para la fertilización de cultivos . 136

Tabla 8 Niveles adecuados de nutrientes en el suelo para cítricos..... 138

Tabla 9 Fórmula de nutrición quincenal para la lima ácida Tahití 139

Tabla 10 Dosis y nutrientes para huertos del Tolima 140

Tabla 11 Frutales intercalados con cítricos en el piedemonte del Meta y la altillanura plana de Puerto Gaitán..... 150

Tabla 12 Cultivos transitorios y abonos verdes sembrados en el piedemonte del Meta y en la altillanura plana de Puerto Gaitán..... 151

Tabla 13 Porcentaje de cobertura en el suelo de gramíneas y leguminosas, en cultivos de cítricos en el piedemonte del Meta 168

Tabla 14 Tratamientos evaluados para el manejo de *Polyphagotarsonemus latus* y *Phyllocoptruta oleivora* en lima ácida Tahití y naranja Valencia en Caicedonia (Valle del Cauca) 195

Tabla 15 Escala visual de daño de *Phytophthora* spp..... 274

Tabla 16 Composición proximal de lima ácida Tahití injertada en tres portainjertos, evaluados en cuatro localidades de Colombia 382

Tabla 17 Contenido promedio de jugo de lima ácida Tahití injertada en seis portainjertos, evaluados en cuatro localidades de Colombia 385

Tabla 18 Peso promedio de frutos de lima ácida Tahití injertada en seis portainjertos, evaluados en cuatro localidades de Colombia 386

Tabla 19 Firmeza promedio de lima ácida Tahití injertada en seis portainjertos, evaluados en cuatro localidades de Colombia 386

Tabla 20 Municipios en los que se recolectó información (Santander) 400

Tabla 21 Costos de inversión en infraestructura (Santander)..... 402

Tabla 22 Costos operativos de la fase I (siembra y manejo del primer año) (Santander) 403
Tabla 23 Ingresos y costos estimados por hectárea (cop) (Santander) 405
Tabla 24 Indicadores financieros (VAN, TIR y B/C) (Santander) 406
Tabla 25 Municipios en los que se recolectó información (Tolima) 407
Tabla 26 Costos de inversión en infraestructura (Tolima)..... 410
Tabla 27 Costos operativos de la fase I (siembra) (Tolima)..... 411
Tabla 28 Costos operativos de la fase II (Tolima) 411
Tabla 29 Ingresos y costos estimados por hectárea (COP) (Tolima)..... 414
Tabla 30 Indicadores financieros (VAN, TIR y B/C) (Tolima) 415
Tabla 31 Comparación de los costos operativos de la fase I en Santander y Tolima .. 416
Tabla 32 Indicadores financieros (VAN, TIR y B/C) (Santander y Tolima) 417

Introducción

La producción mundial de cítricos en 2016 fue de 113,4 millones de toneladas, de las cuales el 13 % (14,7 millones de toneladas) pertenecen al grupo de las limas ácidas, entre las que se encuentran el limón Pajarito o de Castilla (*Citrus aurantifolia* [Christm.] Swingle) y la lima ácida Tahití (*Citrus* × *latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez), que se producen en las regiones tropicales, y el limón verdadero *Citrus limon* (L.) Osbeck, cultivado en las subtropicales (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo [Mincit], 2018).

En Colombia, el área cultivada de cítricos en 2017 fue de 104.367 ha, con una producción de 1.201.272 t (Asociación Hortifrutícola de Colombia [Asohofrucol], 2018). Dentro de este grupo, las limas ácidas, con un área de 26.683 ha, se ubicaron en el tercer lugar después de las naranjas y las mandarinas (Asohofrucol, 2018).

A nivel nacional, se cultivan y consumen dos especies de limas ácidas: la lima ácida Tahití (*C. latifolia*) y la lima ácida mexicana, también conocida como limón Pajarito o de Castilla (*C. aurantifolia*). La lima ácida Tahití se cultiva en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2.100 m s. n. m., y cuando se tienen propósitos comerciales se recomienda su establecimiento hasta los 1.600 m s. n. m., en la mayoría de los departamentos del país (Hernández, Mateus, & Orduz-Rodríguez, 2014).

De acuerdo con las estadísticas, a 2017 el área cultivada registrada de lima ácida Tahití en el país fue de 10.489 ha, con una producción total nacional de 84.317 t (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2016). El rendimiento promedio nacional es de 13 t/ha, mientras que, en cultivos tecnificados de los departamentos de Santander y Tolima, se registra un rendimiento promedio de 14 t/ha, con un máximo de 22 t/ha (DANE, 2016).

La lima ácida Tahití se cultiva en la mayoría de los departamentos de Colombia, aunque Antioquia, Atlántico, Caldas, Cauca, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca son los que poseen la mayor área cultivada (DANE, 2016).

Las limas ácidas son originarias de la región indomalaya (Nicolosi et al., 2000). Los árabes las llevaron de Egipto a Europa (Davies & Albrigo, 1994), y probablemente fueron trasladadas a Brasil desde el Mediterráneo en el siglo XVII. Por su parte, Hogdson (1967) menciona que pudieron ser introducidas entre 1850 y 1880 a California, Estados Unidos, desde la isla de Tahití, de donde proviene el nombre que se utiliza en Colombia.

La lima ácida Tahití fue traída a Colombia en 1941, a través del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Palmira, proveniente del banco de germoplasma de cítricos de la Universidad de California en Riverside (Moncada, Ríos-Castaño, & Torres, 1968).

Esta especie presenta su mejor comportamiento en cuanto a producción y calidad cuando se cultiva en condiciones del trópico bajo (Orduz-Rodríguez & Mateus, 2012), lo que la hace el único fruto cítrico producido en el trópico que posee ventajas comparativas.

La mayoría de la producción del país está orientada al mercado interno. El departamento del Tolima es el principal productor para este mercado y donde se producen los frutos con la mejor calidad para sus requerimientos, entre los que se encuentran una cáscara delgada y un alto contenido de jugo (Arévalo, Coronado, & Orduz-Rodríguez, 2017).

En el 2007, Colombia exportó 3.029.902 USD, mientras que en 2017 la exportación fue de USD12.715.626 (Mincit, 2018), lo que indica un incremento en el valor de las exportaciones superior al 400 %, que demuestra el potencial que tiene el país para aumentar su participación en el mercado mundial de este producto.

El objetivo de la presente publicación es reunir y facilitar el acceso a conocimientos técnicos de la producción de lima ácida Tahití para pequeños y medianos productores del cultivo, los empresarios del sector, la comunidad académica del área frutícola de nivel profesional y técnico, y los asistentes técnicos agropecuarios del cultivo en Colombia.

Por otra parte, también se pretende recopilar información para las instituciones relacionadas con el agronegocio de este cultivo en el país, con el fin de mejorar la competitividad, tanto para el mercado interno como para el de exportación.

En la publicación se presentan los últimos resultados de la investigación acerca de la lima ácida Tahití en Colombia, datos detallados sobre las características ambientales de las principales regiones productoras, aspectos botánicos y de recursos genéticos, y sistemas de propagación.

Así mismo, se exponen las recomendaciones más relevantes para el manejo del cultivo, incluyendo el aspecto productivo, el componente fitosanitario, las prácticas de manejo agronómico, las recomendaciones de cosecha y poscosecha, y los indicadores económicos y financieros.

Referencias

Arévalo, P., Coronado, A., & Orduz-Rodríguez, J. (2017). Caracterización físico-química en poscosecha de diferentes materiales de lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) para exportación. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *10*(2), 241-251.

Asociación Hortifrutícola de Colombia (ASOHOFRUCOL). (2018). *Balance del sector hortifrutícola en 2017*. Bogotá, Colombia: ASOHOFRUCOL. Recuperado de http://www.asohofrucol.com.co/imagenes/BALANCE_SECTOR_HORTIFRUTICOLA_DICIEMBRE_2017.pdf.

Davies, F., & Albrigo, L. (1994). *Citrus*. Wallingford, Reino Unido: Centre for Agriculture and Bioscience International (CAB).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2016). *Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA)*. Bogotá, Colombia: DANE. Recuperado de https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena.

Hernández, D., Mateus, D., & Orduz-Rodríguez, J. (2014). Características climáticas y balance hídrico de la lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) en cinco localidades productoras de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *8*(2), 217-229.

Hodgson, W. (1967). Horticultural varieties of citrus. En W. Reuther, H. Webber & L. Batchelor (Eds.). *The Citrus Industry*. Berkeley, EE. UU.: Universidad de California.

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MINCIT). (2018). *Comportamiento del mercado nacional e internacional de cítricos frescos* [diapositivas de PowerPoint]. Bogotá, Colombia: MINCIT. Recuperado de http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/CongresoInternacionalCitricola/Comportamiento_Mercado_Nacional_Internacional_c%C3%adtricos_frescos.pdf.

Moncada, J., Ríos-Castaño, D., & Torres, R. (1968). Calidad de frutos cítricos en Colombia. *Agricultura Tropical, 24*, 518-526.

Nicolosi, E., Deng, Z., Gentile, A., La Malfa, S., Continella, G., & Tribulato, E. (2000). Citrus phylogeny and genetic origin of important species as investigated by molecular markers. *Theoretical and Applied Genetics, 100*(8), 1155-1166.

Orduz-Rodríguez, J., & Mateus, D. (2012). Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas para su cultivo en Colombia. En C. P. Pássaro-Carvalho (Ed.). *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización* (pp. 49-88). Caldas, Colombia: Corporación Universitaria Lasallista.

Capítulo I
Generalidades del cultivo, descripción botánica, variedades y fenología de la lima ácida Tahití

Mauricio Fernando Martínez, Hover Beltrán López y Javier Orlando Orduz-Rodríguez

La lima ácida Tahití es conocida en Estados Unidos como Tahití lime, seedless lime y Persian lime; como limón persa en México, España y Portugal, y en los dos últimos se la conoce también como lima Bearss, y en Colombia como limón Tahití. Se clasifica en la familia Rutaceae, subfamilia Aurantioideae, tribu Citraeae, subtribu Citrinae, género *Citrus* y la especie *Citrus* × *latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez.

En el país se cultiva otra lima ácida: el limón Pajarito o limón mexicano, que corresponde a *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle. Sus frutos poseen semillas y son de menor tamaño que los de la lima Tahití. Otra especie que se cultiva por sus frutos ácidos es el limón verdadero, clasificado como *Citrus limon* (L.) Burm., que no se produce comercialmente en Colombia, pero está conservada en el Banco Nacional de Germoplasma de AGROSAVIA en el Centro de Investigación Palmira.

Origen y dispersión

Los cítricos son originarios de Asia, de una zona que abarca desde la vertiente meridional del Himalaya hasta China meridional, Indochina, Tailandia, Malasia e Indonesia. Actualmente, los cultivos se extienden por la mayor parte de las regiones tropicales y subtropicales comprendidas entre los paralelos 44° N y 41° S (Agustí, Martínez, Masejo, Juan, & Almela, 2003).

Se cree que la lima ácida Tahití se originó en el año 4000 a. C., en la región indomalaya (Nicolosi et al., 2000). La especie se dispersó en el imperio árabe, que llevó el cultivo al África del Norte y al Cercano Oriente.

Después de las cruzadas fue llevada a Persia (actual Irán) y luego se extendió por el Mediterráneo europeo (Cooper & Chapot, 1977; Eckert & Eaks, 1989). Es probable que los comerciantes portugueses la hayan transportado a Brasil, desde donde, aparentemente, fue llevada a Australia alrededor de 1824.

Entre 1850 y 1880, llegó de Tahití a California, y en 1883 a Florida. Según Webber (1943), la selección Bearss se originó alrededor de 1895 gracias a J. T. Bearss, un viverista de Porterville (California), presumiblemente como una plántula de un árbol cultivado a partir de una semilla proveniente de Tahití.

Moore (2001) sugirió que es probable que la lima ácida Tahití sea un trihíbrido proveniente de un cruce intergenérico de cidro (*Citrus medica*), pomelo (*Citrus grandis*) y una especie de papeda (*Citrus micrantha*). No obstante, hay autores que plantean que pudo haber otros cruzamientos para llegar a ella, sin que se tenga certeza sobre las especies que la originaron.

El cultivo de lima ácida Tahití comenzó a desarrollarse a escala comercial en Estados Unidos, en California y Florida. El consumo de este fruto en ese país y en Europa ha venido aumentando, lo que en la última década ha fortalecido las exportaciones de países como México (98 %), seguido de Guatemala (0,73 %) y Colombia (0,59 %), mientras que otros países de Suramérica aportan el 0,59 % restante (Arias & Suárez, 2016).

Clasificación taxonómica

La siguiente información taxonómica proviene del banco de datos de plantas del Jardín Botánico de Missouri, EE. UU. (Missouri Botanical Garden, 2019).

Reino:	Plantae
Clase:	Equisetopsida
Subclase:	Magnoliidae
Superorden:	Rosanae
Orden:	Sapindales
Familia:	Rutaceae
Género:	*Citrus*
Especie:	*Citrus* × *latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez

Descripción botánica

El tamaño de los árboles de lima ácida Tahití depende, entre otros factores, del portainjerto seleccionado. Su copa es redonda, densa y simétrica, y pueden crecer hasta una altura de 6 a 7 metros. Sin embargo, con el fin de facilitar las labores de los cultivos, se prefiere mantener los árboles de tamaño mediano o pequeño, mediante la selección de patrones o el uso de podas.

Las plantas de menor tamaño se obtienen con el patrón Flying Dragon (Berdeja-Arbeu, Villegas-Monter, Ruiz-Posadas, Sahagún-Castellanos, & Colinas-León, 2010; Mademba, Lebegin, & Lemerre, 1999; Stuchi, Donadio, & Sempionato, 2003), pero se usa poco en la producción de los cítricos de Colombia.

En el transcurso del año se presentan entre cuatro y cinco ciclos de brotación vegetativa con diferente intensidad, según el comportamiento de la precipitación en el periodo o el uso del riego. Estas brotaciones pueden estar acompañadas de flores (todas o un porcentaje de ellas, dependiendo del comportamiento de la precipitación y de la cosecha), por lo que es posible observar todos los estados de desarrollo vegetativo y reproductivo en una misma planta.

Raíces

El sistema radical de la lima ácida Tahití pertenece al portainjerto sobre el cual está injertada la copa. Es necesario que el portainjerto se elija de acuerdo con las características del suelo y otros factores de carácter biótico y abiótico, y no solo se requiere que sea tolerante a las condiciones edafoclimáticas o a enfermedades, sino que también debe mantener una excelente afinidad de tejidos con la copa.

Las raíces de la mayoría de los cítricos y géneros afines son sólidas, de color blanco, con una gran cantidad de pelos radiculares, que alcanzan zonas profundas. Hay dos tipos de raíces secundarias: unas finas y fibrosas, y otras largas y consistentes (Agustí et al., 2003). El resto del sistema radical se dispone hacia la periferia de la planta, y está constituido por raíces gruesas con distribución radial, de las cuales se desprenden, en forma de red, manojos de raicillas exploratorias, capaces de absorber del suelo el agua y las sales disueltas.

Se ha documentado que el 80 % de las raíces de las plantas de lima ácida Tahití de diferentes portainjertos se encuentran en los primeros 60 cm de profundidad (Vanegas, 2002). En estudios de Contreras-Morales, Almaguer-Vargas, Espinoza-Espinoza, Maldonado-Torres y Álvarez-Sánchez (2008) acerca de esta especie, se indica que la mayor cantidad de raíces fibrosas (< 1 mm) se encuentra en el estrato que va de 0 a 30 cm de profundidad.

Tallos

El tallo de la lima ácida Tahití es de porte medio, con entrenudos cortos, que establece una copa de tipo obloide (la forma de la copa está influenciada por el portainjerto). La ramificación es media, con un ángulo medio de inserción de las ramas. El desarrollo de las ramas nuevas tiene una orientación vertical (figura 1), pero, cuando crecen y empiezan a desarrollar frutos, se doblan gradualmente hasta llegar a una disposición horizontal, de tipo colgante.

Las ramas que crecen libremente tienden a caer al suelo, razón por la cual la práctica de la poda es esencial para el manejo de plantaciones comerciales de este fruto. A pesar de que esta especie presenta espinas, pueden estar o no presentes en ramas de un mismo árbol. El tamaño de las espinas varía entre ramas, y va de 6 a 10 mm (International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), 2000).

Foto: Hoover Beltrán

Figura 1. Tallo de árbol adulto de lima ácida Tahití en limón Volkameriana.

Hojas

Las hojas de esta especie se caracterizan por ser unifoliadas, enteras, elípticas, pecioladas, alternas, y separadas por entrenudos de 8,2 a 26,8 mm de largo y en ángulo axilar de 40 a 50 grados. Su color pasa de verde claro en las ramas jóvenes (figura 2a) a verde oscuro en las maduras (figura 2b). El tamaño del limbo es variable, y oscila entre 7 y 13 cm de largo y entre 4 y 6 cm de ancho, como se muestra en la figura 3 (Cañizares, Sanabria, & Rojas, 2005).

En las hojas de la lima ácida Tahití se ha observado una amplia variedad en el tamaño y la forma del peciolo, y pueden o no tener alas. El tamaño de estas últimas en los peciolos varía de acuerdo con el de las hojas, y se pueden considerar de tamaño medio y forma oboval (IPGRI, 2000).

Foto: Hoover Beltrán

Figura 2. Hojas de lima ácida Tahití. a. Hojas jóvenes, de color verde brillante claro; b. Hojas maduras, de color verde brillante oscuro.

Foto: Hoover Beltrán

Figura 3. Detalle de una hoja madura de lima ácida Tahití.

Tipos de inflorescencias

En los árboles de lima ácida Tahití se han definido cinco tipos de inflorescencias, que pueden combinarse o no con la presencia de flores y ramas en un mismo brote, y que se clasifican en unifloral sin hojas (figura 4a), multifloral sin hojas (figura 4b), unifloral con hojas (figura 4c), multifloral con hojas (figura 4d) y brotes vegetativos (figura 4e) (Rebolledo, 2012; Ríos, Rebolledo, Dorado, & López, 2012).

Las proporciones en las que se presenta cada una de las inflorescencias están reguladas por las condiciones ambientales donde se establecen los huertos productivos, así como por factores endógenos de las plantas, como niveles de brotación y contenidos de reguladores de crecimiento, entre otros (Becerra & Guardiola, 1984).

En lo que respecta a la lima ácida Tahití, en las condiciones de El Espinal, Tolima, se encontró que las inflorescencias multiflorales con hojas son las más frecuentes. Sin embargo, no son las que hacen un mayor aporte a la cosecha, sino las uniflorales con hojas o campaneras (Ríos et al., 2012).

Foto: Hoover Beltrán

Figura 4. Detalle de las inflorescencias de la lima ácida Tahití. a. Unifloral; b. Multifloral sin hoja; c. Unifloral con hoja; d. Multifloral con hoja; e. Brote vegetativo.

Flores

En general, las flores de los cítricos se denominan azahares. Desde el punto de vista anatómico, la flor de la lima ácida Tahití está perfectamente diseñada para facilitar la reproducción sexual (Agustí, García-Marí, & Guardiola, 1982), ya que es hermafrodita y posee una conformación que facilita la polinización, incluso sin la acción de agentes polinizadores.

La flor tiene cinco pétalos de aproximadamente 2,5 cm de largo, blancos y ligeramente teñidos de púrpura, que conforman la corola y envuelven el androceo y el gineceo. En esta especie, el androceo está compuesto por más de 20 estambres (figura 5), constituidos por filamentos de entre 5 y 8 mm de largo y una antera amarilla con dos tecas, que son estériles y no producen polen (Campbell, 1991).

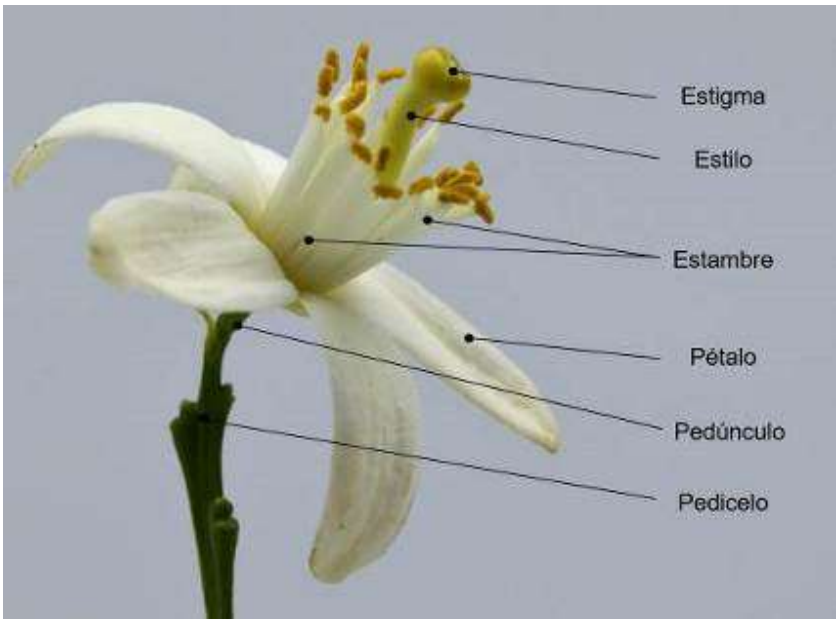


Foto: Hoover Beltrán

Figura 5. Estructura de la flor de la lima ácida Tahití.

El gineceo se ubica en el centro de las flores y lo conforman el estigma, el estilo y el ovario, que tiene un número variable de lóculos. El estigma es una estructura redondeada, con una base superior plana, compuesta por sustancias adhesivas y que se encuentra encima del estilo cilíndrico, que conduce al ovario.

En las flores de lima ácida Tahití, la estructura reproductiva femenina sobresale frente a la masculina por el tamaño, siendo esta última más pequeña, y porque además presenta una coloración amarillenta. En las condiciones de Colombia, los árboles de esta especie tienen una floración continua, con una principal en el primer semestre de cada año.

Floración

En condiciones tropicales, los cultivos de lima ácida Tahití presentan varias floraciones al año después de las épocas secas, y varios autores indican que periodos de sequía de entre 2 y 8 semanas inducen la floración de los cítricos. Para iniciar los procesos de diferenciación de las yemas en latencia, es necesaria la presencia de lluvias o de riego (Davenport, 1990; Southwick & Davenport, 1987).

En todas las regiones productoras de Colombia, las floraciones de esta especie se presentan después del estrés hídrico de la temporada seca, entre los meses de noviembre y marzo. En las regiones andinas como Santander y en los valles interandinos, donde hay un clima bimodal, ocurre una floración adicional.

En las regiones con clima monomodal, como la costa Caribe y el piedemonte llanero, las principales floraciones se presentan en el mes de abril, y una o dos menores en septiembre u octubre. En los climas bimodales, hay dos floraciones principales después de las épocas secas de inicios y de mediados de año, pero pueden darse floraciones adicionales, dependiendo de las condiciones meteorológicas de cada año o del uso del riego, y son influenciadas por la fertilización o el uso de la poda (Ríos et al., 2012).

Frutos

Los frutos de lima ácida Tahití son de color verde oscuro intenso durante la primera etapa del desarrollo, y se mantienen así hasta el punto de cosecha. Una vez que comienza el envejecimiento se van tornando de verde claro a amarillo, colores que son signos de sobremaduración en las condiciones de las regiones productoras de Colombia.

Pueden tener forma ovalada, oblonga o levemente elíptica, con un ápice ligeramente deprimido, y están coronados por una cicatriz estilar corta en forma de pezón, tersa y con numerosas glándulas hundidas (Vanegas, 2002). La cáscara es delgada en climas cálidos como el Tolima, y más gruesa en Lebrija, Santander. El color de la cáscara es verde o verde amarillento, dependiendo del patrón usado y del tipo de poda de producción.

Los frutos tienen entre 10 y 12 lóculos de color amarillo verdoso (figura 6), muy ácidos y aromáticos. Su peso promedio oscila entre 70 y 90 g, pero pueden llegar a obtenerse frutos de más de 100 g, si se dejan en el árbol más tiempo del adecuado.

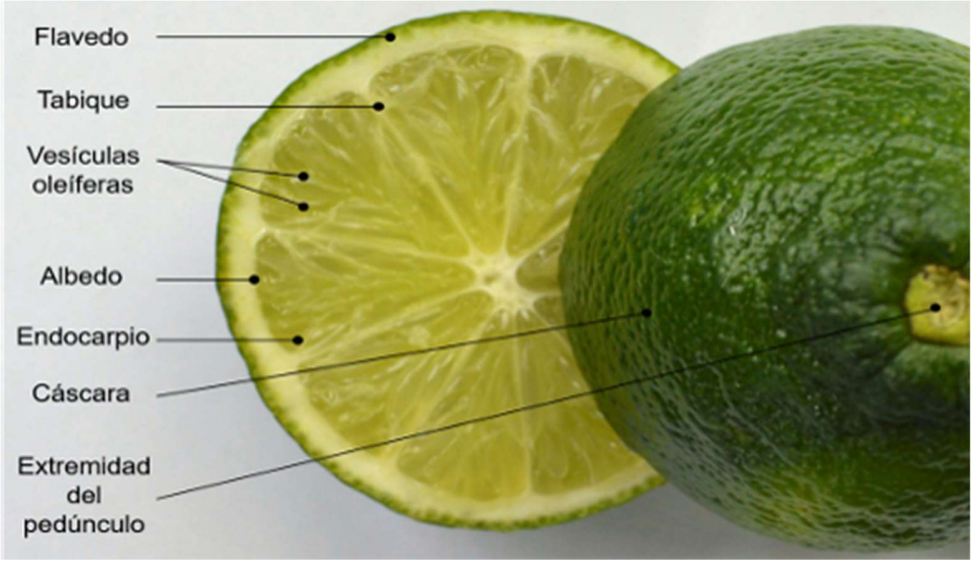


Foto: Hoover Beltrán

Figura 6. Estructura del fruto de lima ácida Tahití.

Por lo general no tienen semillas, debido a un proceso denominado partenocarpia, que se origina a partir de la alta mortalidad del saco embrionario y el carácter triploide de la especie, es decir, que las flores de lima ácida Tahití se fertilizan internamente. Si se encuentran frutos de esta especie con algunas semillas, se debe a efectos de polinización cruzada, pero la mayoría de los embriones de estas semillas no son viables.

Variedades

En los diferentes países productores se han realizado selecciones de lima ácida Tahití. A continuación, se presentan las más conocidas.

- **Bearss** (Bearss seedless, byrum seedless): se presentó por primera vez en 1895 como una nueva variedad de lima ácida Tahití, originaria de la plantación de T. J. Bearss en Porterville, California. Fue descrita e ilustrada en 1902, y cultivada y catalogada por Fancher Creek Nursery Company en 1905. Se produjo en California, Arizona y Hawái con el nombre Bearss, al menos hasta finales de la década de 1940. Sin embargo, no se encontraron diferencias importantes respecto a la variedad tradicional.

- **Idemor:** esta variedad, con un fruta más pequeña y más redonda que la típica Tahití, se encontró en 1934, en un bosque de propiedad de G. L. Polk en Homestead, Florida, y fue patentada en 1941 (patente de planta de Estados Unidos N.º 444). Recientemente se ha informado acerca de una aparente mutación similar en un árbol Bearss en Marruecos. Idemor no ha alcanzado importancia comercial, debido a su susceptibilidad a las enfermedades virales.
- **Pond:** en 1914, el doctor H. J. Webber obtuvo una yema de un árbol de lima ácida Tahití en los jardines de Moanalua, en Honolulu (Hawái). Los árboles florecidos, con un crecimiento algo más bajo, daban frutos que eran un poco más pequeños que los típicos de la especie, pero muy similares. Este cultivar no provocó interés comercial.
- **USDA N.º 1 y N.º 2**: estas dos variedades fueron seleccionadas, a partir de plantas de semilleros, por el doctor James Childs del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), en la estación Horticultural Field, de Orlando, Florida. Son resistentes a la exocortis y al virus de la xiloporosis, y están disponibles para los productores a través del programa de registro de yemas certificadas en la Florida. La fruta no difiere significativamente en carácter de la lima ácida Tahití típica. El desarrollo de estos clones libres de virus ha sido una gran ayuda para la industria de la Florida (University of California Riverside [UCR], 2018).

En bancos de germoplasma de cítricos de varios países se documentan clones de lima ácida Tahití, como en el banco activo de germoplasma de cítricos, en la unidad Mandioca y Fruticultura situada en Cruz das Almas (Brasil), perteneciente a la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA). A través del programa de mejoramiento de la lima ácida, ese banco reporta la existencia de 17 clones de esta especie, procedentes de España, Estados Unidos y Brasil (Passos et al., 2016).

Por su parte, el banco de germoplasma de cítricos del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias de España (IVIA) (2016) informa acerca de la existencia de cuatro clones de la especie, de los cuales tres corresponden a la variedad Bearss (Bearss, Bearss refloreciente y Bearss white) y uno a la lima ácida Tahití.

A su vez, la colección de variedades de cítricos de la Universidad de California, en Riverside (Estados Unidos), reporta dentro de sus accesiones materiales de cinco variedades de *C. latifolia*: Bearss, Page, Persian SPB-7, Ponds y lima ácida Tahití. En lo que respecta a Colombia, en el banco de germoplasma de cítricos ubicado en el CI Palmira, de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) (2019), se reportan tres accesiones de lima ácida Tahití (Ríos et al, 1968).

En diferentes publicaciones sobre variabilidad genética de cítricos, se incluyen accesiones de lima ácida Tahití o limón persa (Curk et al., 2016; Hassanzadeh, Rastegar, Golein, Golmohammadi, & Aboutalebi-Jahromi, 2017; Santos et al., 2013; Shahsavar, Izadpanah, Tafazoli, & Tabatabei, 2007; Shahzadi, Naz, & Riaz, 2014).

Fenología

En la escala bbch se consideran 10 estadios principales, donde el estadio cero (0) indica la etapa de brotación de una yema en reposo, va avanzando a las etapas de floración y desarrollo de frutos, y termina con el estadio nueve (9), que indica la muerte de ramas o el inicio de la latencia.

En la escala BBCH (Agustí et al., 2003), se describen tres macroestadios principales de la etapa de desarrollo vegetativo. El estadio 0 indica el desarrollo de las yemas, el 1 describe el de las hojas y el 3 el de los brotes. En lo que se refiere a la etapa reproductiva, se asignaron 5 macroestadios, pero para el caso de la lima ácida Tahití solo se considerarán 3 estadios.

El estadio principal 5 indica el desarrollo de flores, el 6 describe la etapa de floración y el 7 alude al desarrollo de los frutos; en este último, los frutos están aptos para la cosecha y el consumo. Los estadios 8 y 9 no se consideran para esta especie, ya que los cambios de color de verde intenso a amarillo indican sobremaduración, en la que disminuye la calidad del fruto.

En la escala también se consideran estadios secundarios, que se enumeran del 0 al 9, y que indican valores ordinales y porcentuales del avance de cada estadio

principal. Por ejemplo, el valor 5 dentro del estadio principal 7 (desarrollo del fruto) indica que el fruto ha alcanzado el 50 % de su tamaño final y será definido, por tanto, como 75 (figura 7).

Fotos: Mauricio Martínez

Figura 7. Etapas fenológicas de la floración de la lima ácida Tahití (escala BBCH).

Referencias

Agustí, M., García-Marí, F., & Guardiola, J. (1982). The influence of flowering intensity on the shedding of reproductive structures in sweet orange. *Scientia Horticulturae, 17*(4), 343-352.

Agustí, M., Martínez, A., Masejo, C., Juan, M., & Almela, V. (2003). *Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos*. Valencia, España: Generalitat Valenciana.

Agustí, M., Zaragoza, S., Bleiholder, H., Buhr, L., Hack, H., Klose, R., & Staub, R. (1995). Escala BBCH para la descripción de los estadios fenológicos del desarrollo de los agrios (Gén. *Citrus*). *Levante Agrícola*, *34*(3), 189-199.

Arias, F., & Suárez, E. (2017). Comportamiento de las exportaciones de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) al mercado de los Estados Unidos. *Journal of Agriculture and Animal Sciences, 5*(2), 20-31. Recuperado de http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/jals/article/view/1256/1097.

Becerra, S., & Guardiola, J. (1984). Inter-relationship between flowering and fruiting in sweet orange, cultivar Navelina. *Proceedings International Society Citriculture, 1*, 190-194.

Berdeja-Arbeu, R., Villegas-Monter, A., Ruiz-Posadas, L., Sahagún-Castellanos, J., & Colinas-León, M. (2010). Interacción lima persa-portainjertos: efecto en características estomáticas de hoja y vigor de árboles. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, *16*(2), 91-97.

Campbell, C. (1991). Rootstocks for the 'Tahiti' lime. *Proceedings Florida State Horticultural Society*, *104*, 28-30.

Cañizares, A., Sanabria, M., & Rojas, E. (2005). Anatomía de la hoja de lima Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka). *Revista UDO Agrícola, 5*(1), 68-73.

Contreras-Morales, E., Almaguer-Vargas, G., Espinoza-Espinoza, J., Maldonado-Torres, R., & Álvarez-Sánchez, E. (2008). Distribución radical de árboles de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura, 14*(2), 223-234.

Cooper, W., & Chapot, H. (1977). Fruit production with special emphasis on fruit for processing. En S. Nagy, P. Shaw & M. Veldhuis (Eds.). *Citrus science and technology* (Vol. 2, pp. 1-127). Westport, EE. UU.: AVI Publishing.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). (2019). *Huertas nutricionalmente superiores*. Bogotá, Colombia: AGROSAVIA. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=suBbyN1zQrQ.

Curk, F., Ollitrault, F., Garcia-Lor, A., Luro, F., Navarro, L., & Ollitrault, P. (2016). Phylogenetic origin of limes and lemons revealed by cytoplasmic and nuclear markers. *Annals of Botany*, *117*(4), 565-583.

Davenport, T. (1990). Citrus flowering. *Horticultural Reviews, 12*, 349-408.

Eckert, J., & Eaks, I. (1989). Postharvest disorders and diseases of citrus fruits. En W. Reuther, E. Calavan & G. Carman (Eds.). *The Citrus Industry* (Vol. 4, pp. 179-260). Berkeley, EE.UU.: University of California Press.

Hassanzadeh, H., Rastegar, S., Golein, B., Golmohammadi, M., & Aboutalebi-Jahromi, A. (2017). Genetic diversity in Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) accessions using morphological and molecular markers. *Agriculture & Forestry*, *63*(3), 221-231.

International Plant Genetic Resources Institute (Ipgri). (1999). *Descriptors of Citrus*. Roma, Italia: Ipgri. Recuperado de https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/72733/Descriptors%20for%20citrus_359-1.pdf.

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias de España (IVIA). (2016). *Banco de germoplasma de cítricos del IVIA. Limas.* Recuperado de http://www.ivia.gva.es/busqueda-por-categoria-o-tipo#limas.

Mademba, F., Lebegin, S., & Lemerre, Z. (1999). Use of the *Poncirus trifoliata* Flying Dragon as dwarfing rootstock for citrus under tropical climatic conditions. *Fruits*, *54*(5), 299-310.

Missouri Botanical Garden. (2019). Citrus × latifolia *Tanaka ex Q. Jiménez.* Recuperado de http://www.tropicos.org/Name/100384167.

Moore, A. (2001). Oranges and lemons: clues to the taxonomy of Citrus from molecular markers. Trends in Genetics, 17(9), 536-540.

Nicolosi, E., Deng, Z., Gentile, A., La Malfa, S., Continella, G., & Tribulato, E. (2000). Citrus phylogeny and genetic origin of important species as investigated by molecular markers. *Theoretical and Applied Genetics, 100*(8), 1155-1166.

Passos, O., Machado, C., Souza, A., Soares, W., Souza, F., Gesteira, A., & Girardi, E. (2016). *Banco ativo de germoplasma de citros da EMBRAPA Mandioca e Fruticultura.* Cruz das Almas, Brasil: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura. Recuperado de http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1038877.

Rebolledo, A. (2012). Fisiología de la floración y fructificación en los cítricos. En C. P. Pássaro-Carvalho (Ed.). *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización* (pp. 89-106). Caldas, Colombia: Corporación Universitaria Lasallista.

Ríos, D., Torres, R., & Giacometti, D. (1968). Tahití nucelar, el primer clon nucelar obtenido en Colombia. *Revista ICA, 3*(1), 3-12.

Ríos, L., Rebolledo, A., Dorado, D., & López, J. (2012). *Comportamiento productivo, requerimientos hídricos y nutricionales de la lima ácida Tahití (*Citrus latifolia *Tanaka) en fase productiva.* Palmira, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA).

Santos, M., Passos, O., Soares-Filho, W., Girardi, E., Gesteira, A., & Ferreira, C. (2013). Variability analysis of 'Persian' acid lime tree selections using agronomic and molecular markers. *Genetics and Molecular Research*, *12*(4), 4604-4614. doi: 10.4238/2013.

Shahsavar, A., Izadpanah, K., Tafazoli, E., & Tabatabei, B. (2007). Characterization of citrus germplasm including unknown variants by inter-simple sequence repeat (ISSR) markers. *Scientia Horticulturae, 112*(3), 310-314.

Shahzadi, K., Naz, S., & Riaz, S. (2014). Assessing genetic diversity of Pakistani Citrus varieties using microsatellite markers. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, *24*(6), 1752-1757.

Southwick, S., & Davenport, T. (1987). Modification of the water stress-induced floral response in 'Tahiti' lime. *Journal of the American Society Horticulture Science, 112*(2), 231-236.

Stuchi, E., Donadio, L., & Sempionato, O. (2003). Performance of Tahiti lime on *Poncirus trifoliate* var. *monstrosa* Flying Dragon in four densities. *Fruits*, *58*(1), 13-17.

University of California Riverside (UCR). (2018). *Citrus variety collection. Tahiti lime* Citrus latifolia *(Yu. Tanaka) Tanaka.* Riverside, EE. UU.: UCR. Recuperado de https://citrusvariety.ucr.edu/citrus/tahiti.html.

Vanegas, M. (2002). *Guía técnica. Cultivo del limón pérsico*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Nueva San Salvador, El Salvador: IICA. Recuperado de http://repiica.iica.int/docs/B0217e/B0217e.pdf.

Webber, H. (1943). History and development of the Citrus industry. En H. Webber & L. Batchelor (Eds.). *The Citrus Industry. Vol. I. History, Botany, and Breeding.* Berkeley, EE. UU: University of California Press.

Capítulo II

Descripción agroclimática de las zonas productoras de lima ácida Tahití

Liliana Ríos-Rojas, Liliana Carolina Castillo Villamor, Edwin Oswaldo Rojas Barbosa, Jhon Mauricio Estupiñán Casallas y Andrea Onelia Rodríguez Roa

La lima ácida Tahití tiene su centro de origen en Asia, y en el mundo se ha adaptado a latitudes entre los 20° N y los 35° S, lo que ha asegurado la conservación de la especie. En Colombia, el cultivo se encuentra en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1.800 m s. n. m., y el potencial productivo se encuentra condicionado a las características edafoclimáticas de cada zona.

De acuerdo con la distribución identificada en el país, el cultivo se desarrolla y fructifica en regiones de condiciones secas, suelos arenosos y poco fértiles, como Atlántico y Tolima. En estas regiones de bajas altitudes (entre 20 y 335 m s. n. m.), el déficit hídrico anual es del orden de 400 mm, factor que, aunque afecta el tamaño del fruto, contribuye a que tenga un mayor contenido de jugo, elemento de gran importancia en el mercado interno (Hernández, Mateus, & Orduz-Rodríguez, 2014).

Asimismo, el cultivo se ha adaptado a zonas donde, durante la mayor parte del año, la precipitación excede la evapotranspiración (ETo) y las condiciones de déficit hídrico son poco frecuentes, como en Lebrija, Santander, a 1.033 m s. n. m., que tiene excesos hídricos del orden de 800 mm al año. En estas zonas, el fruto posee una calidad física óptima para la exportación (Hernández et al., 2014).

La variabilidad en la distribución mensual de la precipitación en zonas con balance hídrico positivo y el déficit hídrico frecuente de otras, fundamenta la necesidad de aplicar riego suplementario, con el fin de garantizar la producción y la calidad del fruto.

De igual forma, ajustar planes de manejo específicos para las condiciones agroecológicas de cada región mejora la productividad y contribuye a la conservación de los recursos naturales, fomentando la sostenibilidad del sistema productivo.

La lima ácida Tahití en el mundo

Es muy probable que las limas procedan de las zonas tropicales del archipiélago malayo. En la actualidad, las mayores áreas de cultivo se encuentran en las fajas subtropicales comprendidas entre las latitudes 20° N y 35° S. En general, la alta adaptabilidad de los cítricos permite que sean cultivados y aprovechados en diversas condiciones climáticas (Gómez et al., 2008).

El cultivo está restringido a las zonas de trópico y a las áreas subtropicales húmedas calurosas (Agustí, 2003), donde las temperaturas medias anuales superan los 18 °C y las mínimas no son inferiores a 0 °C (Davies & Albrigo, 1994). La definición de factores climáticos limitantes para la lima ácida Tahití en el trópico no es tarea fácil, dadas las diferencias altitudinales y de relieve, que generan microclimas (Hernández et al., 2014).

En condiciones tropicales, las cosechas son reguladas por los ciclos de la precipitación y se obtienen varias cosechas al año, pero la calidad y el color son menos atractivos para el comercio internacional que los logrados en condiciones mediterráneas (Gómez et al., 2008).

En cuanto a las exigencias edáficas, el cultivo de los cítricos se adapta mejor a condiciones de suelos arenosos profundos y suelos francos, siempre y cuando la oferta ambiental de luz, temperatura, disponibilidad de nutrientes y agua sea la adecuada. Suelos impermeables y muy arcillosos (superior al 50 %) impiden el desarrollo de la raíz, lo que afecta el crecimiento y el vigor de la planta (Agustí, 2003).

Esta limitación para el desarrollo de la planta repercute en la calidad del fruto, que presenta menor tamaño y contenido de jugo, un mayor grosor de la cáscara y una maduración tardía, puesto que alcanzar la relación adecuada entre acidez y sólidos solubles tarda más tiempo en ser alcanzada (Gómez et al., 2008).

Los suelos más adecuados para el cultivo de cítricos son los que presentan una proporción equitativa de elementos finos (arcilla y limos) y gruesos (arenas), que permite que se asocien las cualidades de los suelos pesados y los ligeros, es decir, un buen poder de retención y una buena permeabilidad. Son, por lo tanto, suelos bien drenados, pero con una adecuada retención de la solución acuosa del suelo, lo que garantiza la buena nutrición de los árboles (Agustí, 2003; Gómez et al., 2008). La capacidad de retención de agua es un factor importante en la producción citrícola. Los cítricos necesitan suelos permeables, con niveles freáticos profundos. Los suelos livianos, con altos contenidos de gravas y no compactados, tienen una mayor permeabilidad y la zona de raíces puede perder agua muy rápidamente, por lo cual las exigencias hídricas son mayores. En estos ambientes se debe considerar una mayor frecuencia de riego, por periodos cortos.

Sin embargo, vale la pena tener en cuenta que un exceso de riego lava los nutrientes del suelo y disminuye su fertilidad. La presencia de arcillas mejora la retención de agua, pero la baja permeabilidad de estos suelos, aunada a la aplicación de riego no controlado, puede causar problemas fitosanitarios.

Una permeabilidad satisfactoria oscila entre 10 y 20 cm/hora (Sánchez, Jaramillo, & Toro, 1987). En condiciones de exceso de humedad, con temperaturas mayores a 25 °C, típicas en el trópico, se pueden presentar daños en los tejidos radicales en alrededor de 72 horas (Reuther, 1985).

La lima ácida Tahití en Colombia

En Colombia, esta especie se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2.100 m s. n. m. (Sánchez et al., 1987). Para propósitos comerciales, se recomienda hacerlo hasta los 1.600 m s. n. m. (Hernández et al., 2014). En promedio, la zona citrícola posee temperaturas entre 18 y 30 ºC, apropiadas para el desarrollo del

cultivo, ya que, de acuerdo con Gómez et al. (2008), el rango de temperaturas idóneo para los cítricos está entre 12,5 y 39 °C, con un nivel óptimo de 23,4 °C. Respecto a la precipitación, el régimen de lluvias del país determina una o dos cosechas al año (Gómez et al., 2008). Para el caso de la lima ácida Tahití, el mencionado régimen define la floración y los máximos niveles en la curva de producción, dado que se cosecha durante todo el año.

En la mayor parte de las regiones citrícolas de Colombia, la producción depende de la oferta hídrica ambiental. En las zonas donde se presenta déficit hídrico —es decir, que la ETo es mayor que la precipitación— durante periodos cortos o continuos, se hace un riego complementario, especialmente en cultivos comerciales.

Los principales departamentos productores de lima ácida Tahití en el país son: Atlántico, Nariño, Santander, Tolima y Valle del Cauca (figura 8). También se reportan algunos cultivos en Antioquia, Risaralda, Caldas y Cundinamarca, con un menor impacto productivo en la actualidad, pero con áreas siempre crecientes.

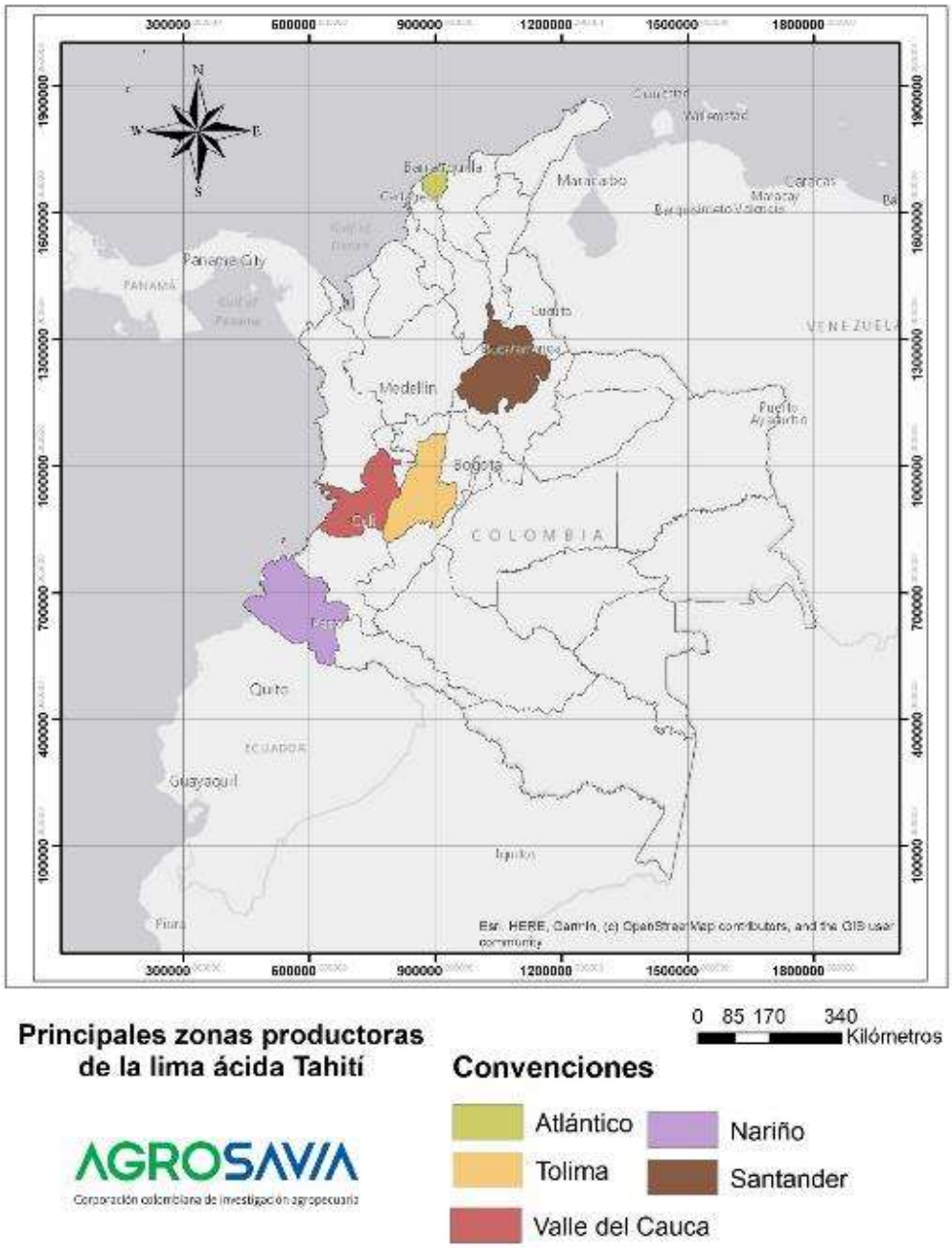


Figura 8. Principales zonas productoras de lima ácida Tahití en Colombia.
Fuente: Elaboración propia

Atlántico

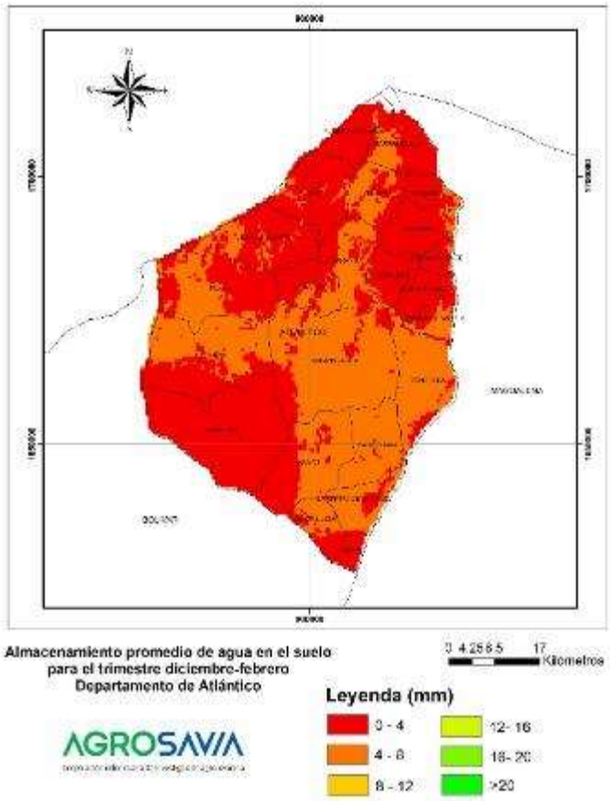
En el departamento del Atlántico, el principal municipio productor de lima ácida Tahití es Santo Tomás, ubicado en la zona litoral, en el que predominan tierras de sabana, bajas y desérticas. Sus suelos son arenosos y forman un relieve colinado, en los que se destaca una vegetación de rastrojo bajo y cactáceas (AGROSAVIA, inédito).

El análisis climático y edáfico realizado por AGROSAVIA a partir de información secundaria, indica que la zona presenta suelos con baja capacidad de retención de humedad. En la figura 9, se relacionan los mapas de balance hídrico, que representan la capacidad del suelo para almacenar agua (a capacidad de campo) a una profundidad de 40 cm (profundidad radical de la lima ácida Tahití), considerando los periodos de aporte hídrico por precipitación.

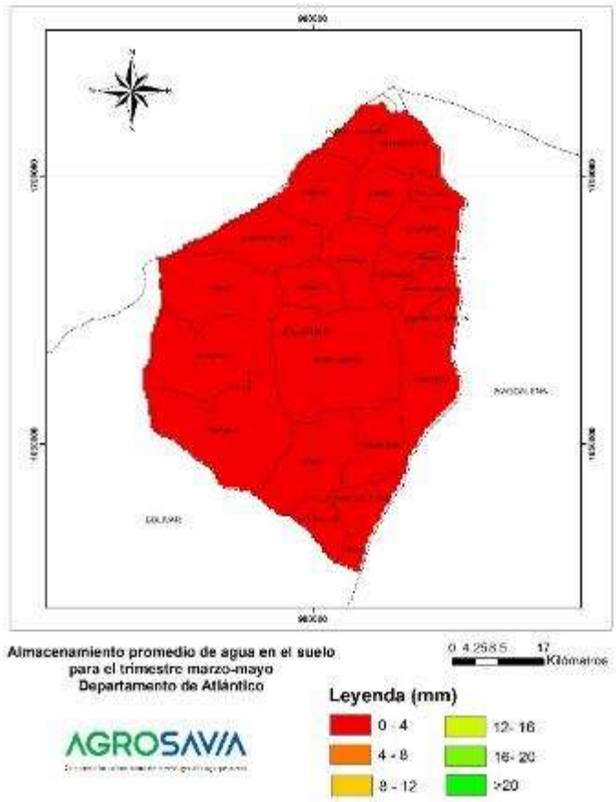
El análisis es trimestral y reviste importancia en el manejo del cultivo, dado que en el almacenamiento del suelo se conjugan los procesos de aporte y extracción de agua, que definen su disponibilidad para la planta. Se observa que solo en el trimestre septiembre-octubre-noviembre el suelo cuenta con una disponibilidad que excede los 10 mm. El régimen unimodal de las precipitaciones afecta el almacenamiento durante el resto del año, lo que implica disponibilidades inferiores a 10 mm e indica la necesidad de riego suplementario.

El aporte hídrico de la oferta ambiental para los cultivos es bajo. Los promedios anuales de lluvia en el Atlántico son inferiores a 1.500 mm, y los menores valores no superan los 1.000 mm. Los municipios con un mayor déficit son Barranquilla, Puerto Colombia, Soledad y Repelón.

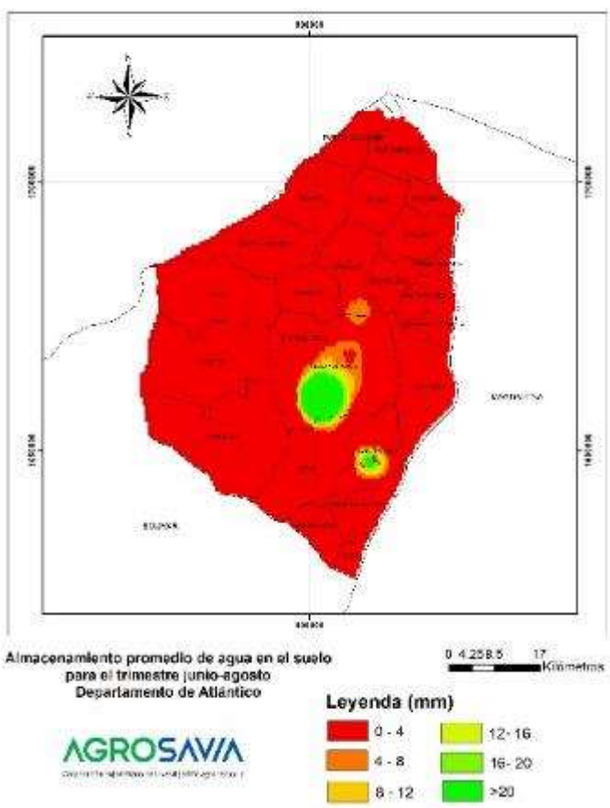
La precipitación tiene un régimen monomodal, con una temporada seca de diciembre a marzo y un periodo prolongado de lluvias entre abril y noviembre, con niveles máximos en el trimestre septiembre-octubre-noviembre, aunque los almacenamientos en el suelo no superan los 30 mm. El resto del año se presenta un déficit hídrico, cuando la ETo excede la precipitación.



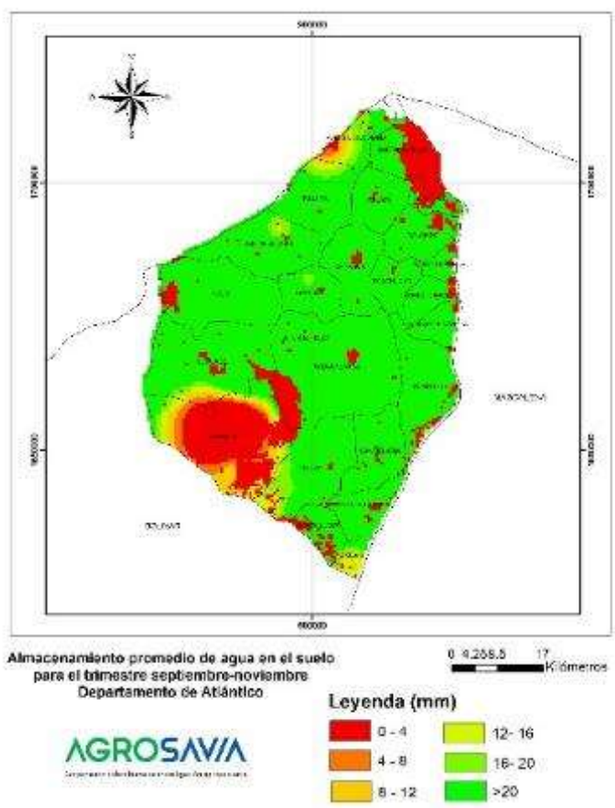
Diciembre-febrero



Marzo-mayo



Junio- agosto



Septiembre-noviembre

Figura 9. Balance hídrico trimestral del departamento del Atlántico.
Fuente: Elaboración propia

Dada la orografía del Atlántico, la temperatura varía poco espacialmente. La temperatura media anual oscila entre 26 y 30 °C, y los mayores registros se dan hacia el sur del departamento, en los municipios de Repelón, Manatí, Candelaria, Campo de la Cruz, Santa Lucía y Suan. La temperatura máxima promedio se encuentra entre 32 y 34 °C, mientras que la mínima es de 22 a 24 °C en promedio, con valores más altos en la franja litoral.

En general, la humedad relativa anual promedio en el departamento tiene valores del 80 % al 85 %. En condiciones del fenómeno de El Niño se observan disminuciones de hasta un 2 %. Por su parte, el fenómeno de La Niña ocasiona aumentos de los valores de humedad de entre un 1 % y un 2 %.

En cuanto al brillo solar, se presentan promedios anuales de entre 2.100 y 2.400 h/año. Esta condición favorece el desarrollo de los cultivos, pero el déficit hídrico afecta la calidad de la fruta en esta región.

Nariño

Los municipios productores de lima ácida Tahití en Nariño son San Lorenzo y La Unión. En aproximadamente el 85 % del área de estos municipios predominan paisajes de montaña y, según este análisis desarrollado por AGROSAVIA, en el municipio de La Unión solo el 18 % de los suelos tiene características óptimas para el cultivo, y se encuentran en el norte del municipio.

Los demás municipios presentan restricciones severas a causa de factores como: pendiente, profundidad efectiva, altitud y temperatura. La erosión, aunada a la escasez de precipitaciones y su inadecuada distribución de estas en el año, se convierten en las principales limitaciones para la producción agrícola.

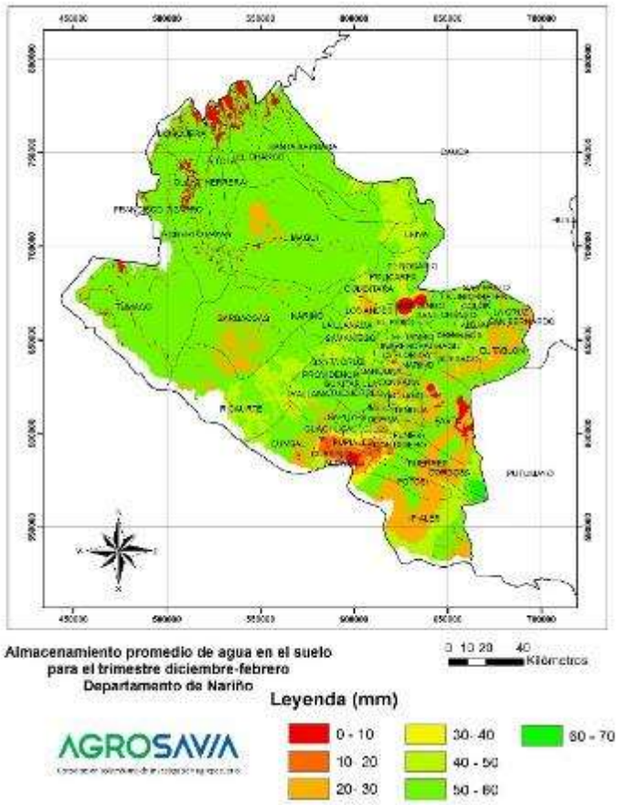
De acuerdo con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014), la textura predominante en la zona es franco-arenosa (FA), con presencia de gravas. Estas características y la profundidad de las arenas otorgan al suelo buen drenaje y baja capacidad de retención de humedad en el tiempo (IGAC, 2014).

Según el análisis desarrollado por AGROSAVIA, la condición de almacenamiento de agua en el suelo de la zona productora del departamento de Nariño es adecuada, con un periodo entre diciembre y mayo en la que es mayor a 50 mm (figura 10). En el trimestre junio-agosto, las precipitaciones disminuyen y el almacenamiento se mantiene alrededor de los 40 mm. Entre septiembre y noviembre, la condición climática se torna seca y los almacenamientos son menores a 10 mm; en este periodo es necesario el riego complementario continuado de los cultivos.

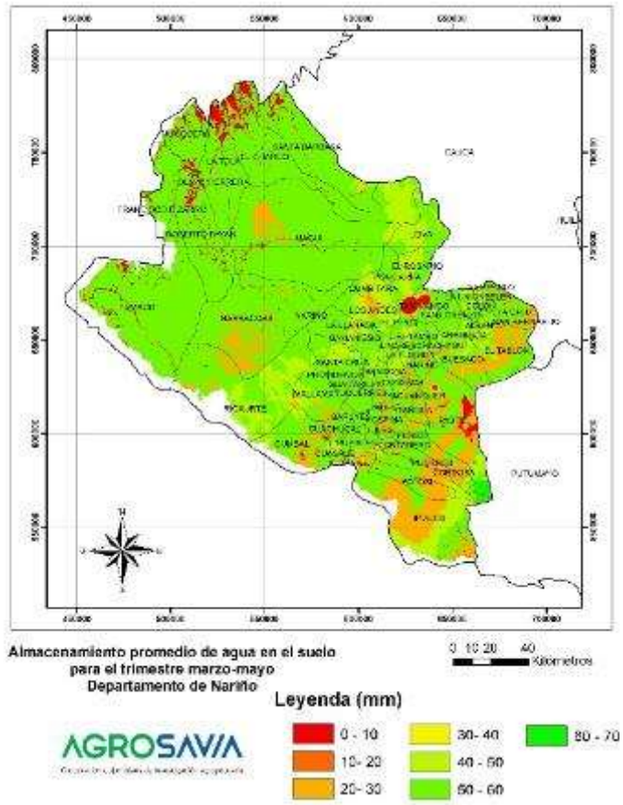
La zona productora de lima ácida Tahití en Nariño, en los municipios de La Unión y San Lorenzo, se encuentra dentro del agroecosistema denominado seco y muy seco, con temperaturas mayores a 24 °C y precipitaciones con promedios anuales que oscilan entre 500 y 2.000 mm. Estas características climáticas y edáficas son ideales para la lima ácida Tahití, de acuerdo con Gómez et al. (2008).

El promedio anual de temperatura media en los municipios mencionados registra valores que van de 22 a 24 °C en el norte de estos; y se reduce, llegando al rango de los 12 a los 14 °C en las partes altas, en el sur de los municipios.

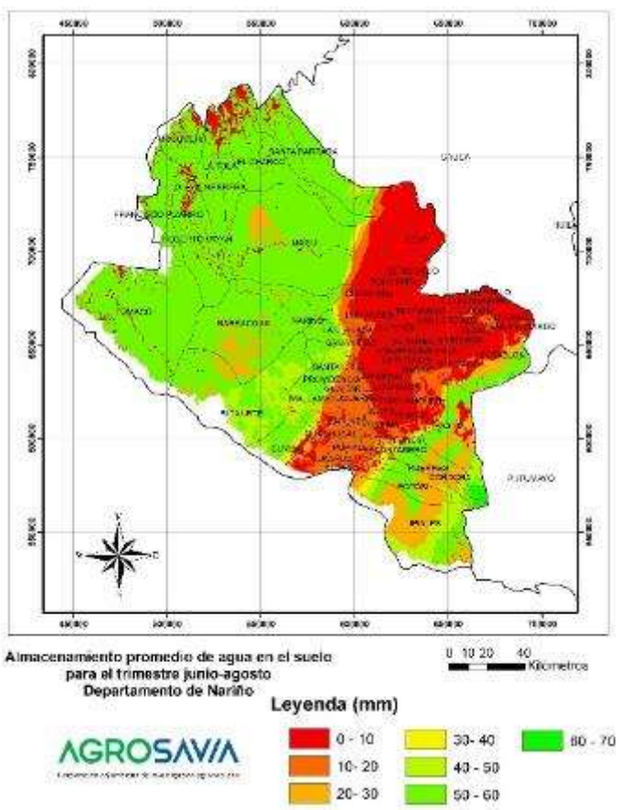
El promedio anual de humedad relativa oscila entre el 80 % y el 85 %, con los mayores valores en los periodos de lluvias y los menores en agosto, al final del periodo seco. El fenómeno de El Niño causa disminuciones de, en promedio, un 4 %, mientras que el de La Niña ocasiona aumentos de entre un 2 % y un 3 %. En la zona, los promedios de brillo solar varían entre 1.500 y 1.700 h/año, y los mayores promedios se encuentran en el orden de 150 horas mensuales, al final del periodo seco en agosto, y los menores con 100 horas, al final del periodo de lluvias del primer semestre en abril.



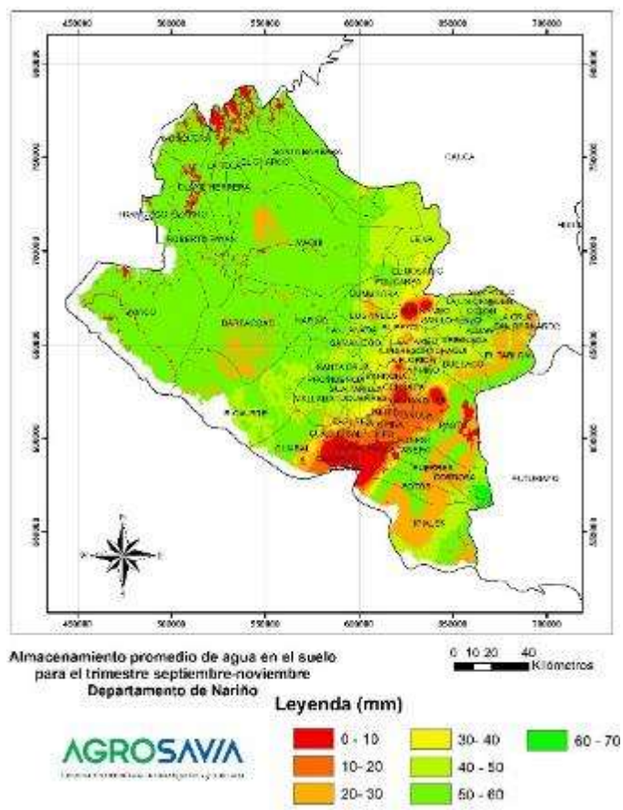
Diciembre - febrero



Marzo - mayo



Junio-agosto



Septiembre-noviembre

Figura 10. Balance hídrico trimestral del departamento de Nariño.
Fuente: Elaboración propia

Santander

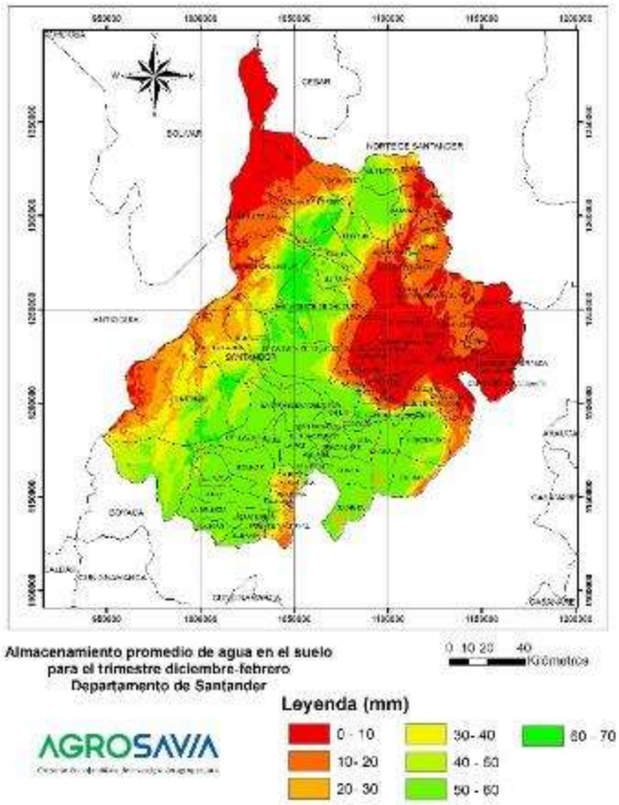
Los principales municipios productores de lima ácida Tahití en Santander son Lebrija, Girón, Rionegro, Barrancabermeja, Concepción, Pinchote y Palmas del Socorro. Los cuatro primeros están ubicados en el norte del departamento, a lo largo de la cuenca del río Lebrija; Pinchote y Palmas del Socorro en la cuenca del río Suárez, en la región central del departamento, y Concepción en la cuenca del río Chicamocha, en el oriente.

Los paisajes predominantes en Pinchote, Palmas del Socorro, Girón y el sur de Lebrija son lomeríos; en el norte de Lebrija, las zonas altas de Rionegro y Concepción, prevalece el paisaje de montaña, y en el norte de Rionegro y Barrancabermeja, hacia el Magdalena Medio, predominan paisajes de piedemonte y planicies.

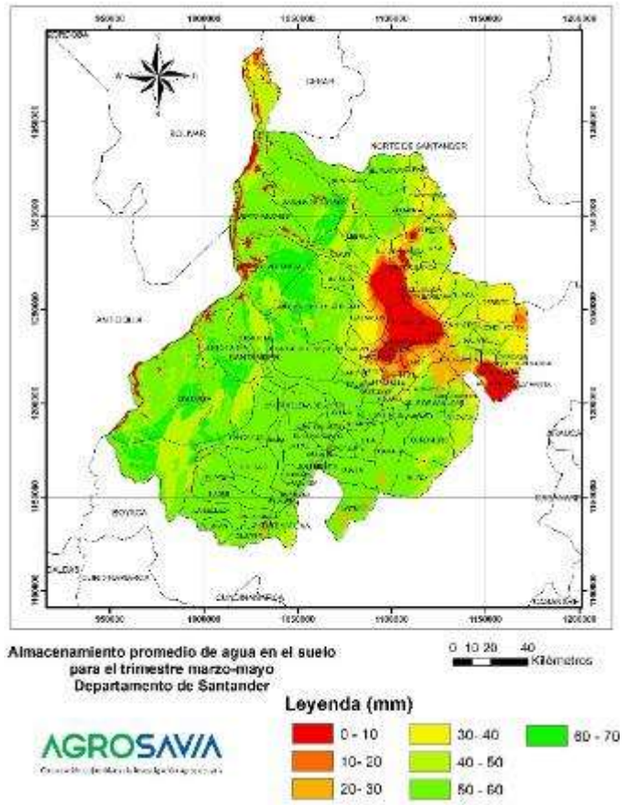
La capacidad de uso del suelo es principalmente agroforestal y para cultivos permanentes o semipermanentes, y se destacan áreas de conservación y otras de uso agrícola limitadas por inundabilidad o pedregosidad. El cultivo de lima ácida Tahití se desarrolla en el agroecosistema de clima medio y cálido, en zonas ubicadas en un piso térmico comprendido entre 100 y 1.500 m s. n. m., con sistemas de producción misceláneos.

En Lebrija y Rionegro, el balance hídrico pasa de condiciones de equilibrio entre las lluvias y la precipitación anual en el suroriente, a un balance positivo de hasta 1.000 mm anuales (figura 11). En Pinchote y Concepción, este balance es negativo, con hasta 400 mm de deficiencia anual.

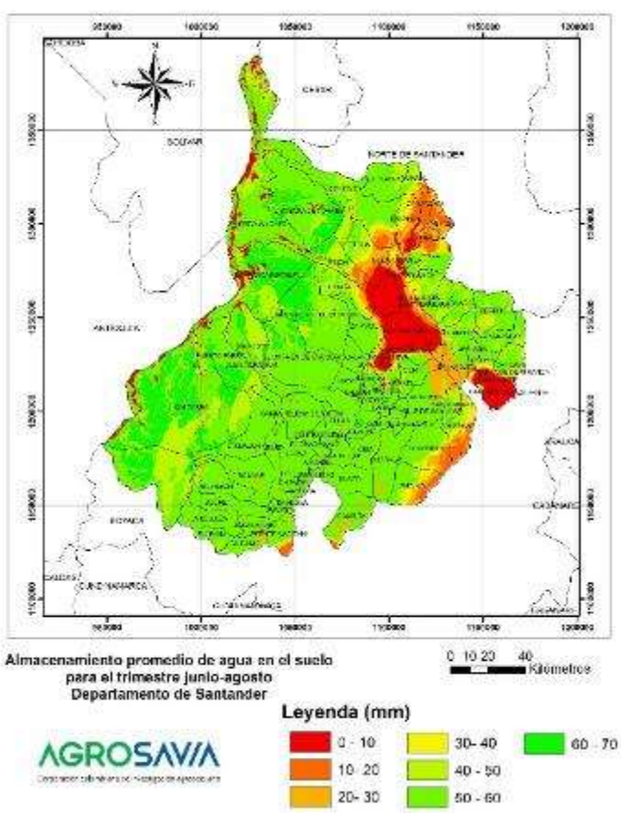
El fenómeno de El Niño causa disminuciones de las lluvias en los periodos secos de un 23 % en promedio, mientras el de La Niña genera incrementos de las precipitaciones que alcanzan un 20 % entre diciembre y febrero, y que aumentan las condiciones de balance hídrico positivo.



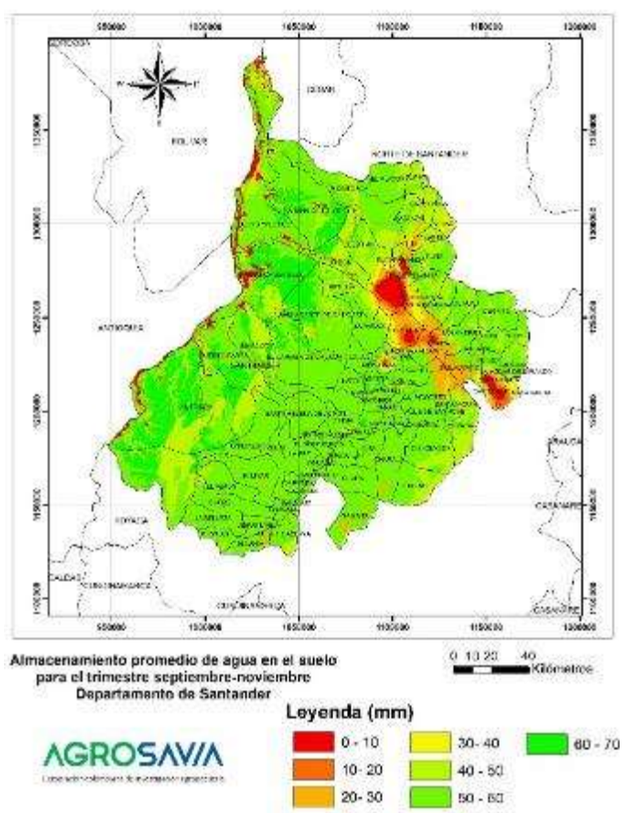
Diciembre-febrero



Marzo-mayo



Junio-agosto



Septiembre-noviembre

Figura 11. Balance hídrico trimestral del departamento de Santander.
Fuente: Elaboración propia

El municipio de Palmas del Socorro posee características de clima húmedo, con promedios anuales de lluvias de entre 1.750 mm en las zonas altas y 3.000 mm en las bajas. En Girón y las partes altas del sur de Lebrija y Rionegro, los promedios varían entre 500 y 2.000 mm. En las zonas bajas del noroccidente de Lebrija y Rionegro los promedios están en el rango de 2.000 a 2.500 mm.

Esta distribución de la precipitación, relacionada con los promedios anuales de ETo, que varían entre 1.200 y 1.600 mm, genera condiciones de balance hídrico positivo, entre 300 y 2.000 mm anuales en Palmas del Socorro, mientras en la mayor parte de Girón se observa un balance negativo, de entre 0 y 1.000 mm anuales.

El promedio de la temperatura media en la zona productora de lima ácida Tahití oscila entre 20 y 24 °C en la mayor parte de los municipios: Palmas del Socorro, Pinchote, Girón, Rionegro y Lebrija. El fenómeno de El Niño ha aumentado los promedios mensuales en el orden de 0,8 °C, mientras el de La Niña los disminuye hasta 0,7 °C.

La humedad relativa del aire varía entre el 70 % y el 75 % en las zonas de montaña de Palmas del Socorro y en la mayor parte de Girón, mientras en Concepción el promedio anual oscila entre el 75 % y el 80 %. En las zonas bajas de Lebrija y Rionegro va del 80 % al 85 %, y en las altas se presentan valores cercanos al 70 %.

Los promedios anuales de brillo solar varían entre 1.900 y 2.100 h/año en los municipios productores, aunque son ligeramente menores en las zonas bajas de Girón y Lebrija, más altos en Rionegro y Palmas del Socorro, y ligeramente mayores, en el rango de 2.100 a 2.300, en Pinchote.

Tolima

En el Tolima, la lima ácida Tahití se produce en 29 de sus 42 municipios: Alvarado, Armero-Guayabal, Ataco, Carmen de Apicalá, Casabianca, Chaparral, Coello, Coyaima, Cunday, El Espinal, Falan, Flandes, Fresno, Guamo, Honda, Icononzo, Lérida, Líbano, Mariquita, Melgar, Ortega, Palocabildo, Piedras, Prado, Purificación, Saldaña, San Luis, Suárez, Venadillo, Villahermosa y Villarrica.

Estas áreas corresponden al valle cálido del Magdalena, desde el centro hasta el norte del departamento. La zona con mayor concentración de huertos de esta especie es el abanico aluvial El Guamo-Espinal, caracterizado por su morfología plana, apta para explotaciones agrícolas.

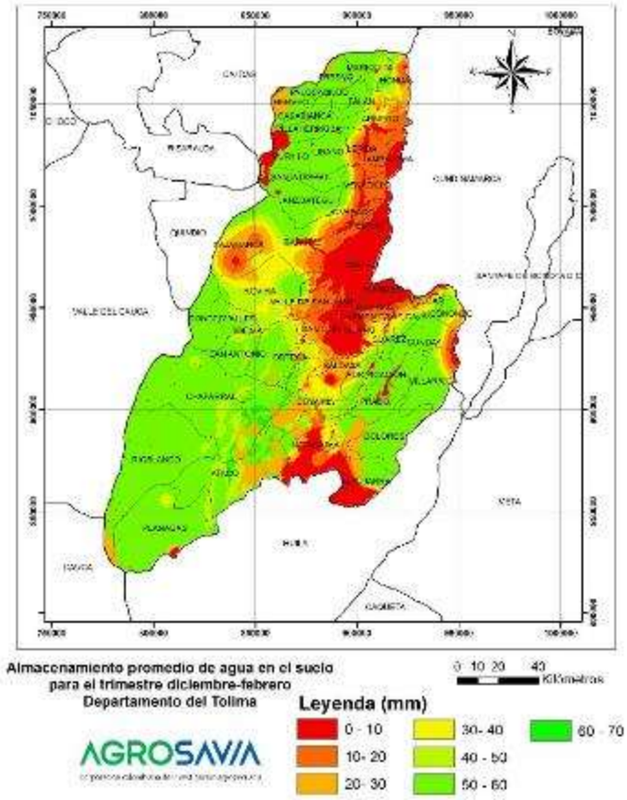
En términos generales, los suelos de la zona productora en el Tolima se caracterizan por condiciones de alto drenaje, con texturas de tipo franco (F) a franco-arenoso (FA), formadas principalmente por la dinámica fluvial del río Magdalena y sus tributarios, y la actividad volcánica del cerro Machín (Instituto Colombiano de Geología y Minería [INGEOMINAS], 1998; Corporación Autónoma Regional del Tolima [CORTOLIMA], 2006). El clima es cálido y seco, y corresponde a la zona de vida de bosque seco tropical.

Las precipitaciones, de carácter bimodal, varían espacialmente entre 500 y 2.000 mm anuales, con una ETo anual de 1.000 a 2.000 mm, por lo que la oferta ambiental del área se caracteriza por zonas con balance hídrico negativo de hasta 600 mm anuales a lo largo del valle del Magdalena, y por áreas con excesos hídricos de hasta 1.000 mm anuales, en municipios como Fresno y Villahermosa.

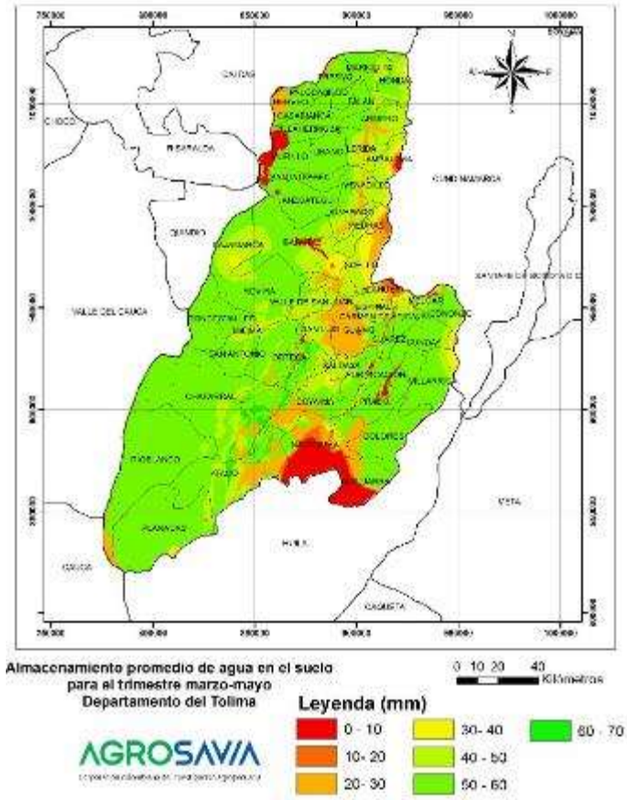
Las principales deficiencias hídricas se dan en los meses de febrero, marzo, julio y agosto; los excesos hídricos ocurren en abril, mayo, octubre y noviembre; y los periodos más secos del año se presentan en febrero y agosto. El fenómeno de La Niña causa incrementos de lluvias, que alcanzan promedios del 36 %.

La figura 12 muestra que la zona productora de lima ácida Tahití en el Tolima inicia el ciclo anual con una condición seca, con almacenamientos por debajo de 10 mm (diciembre a febrero). Entre marzo y mayo la condición mejora, dado el régimen bimodal, y las precipitaciones permiten almacenamientos de entre 20 y 30 mm.

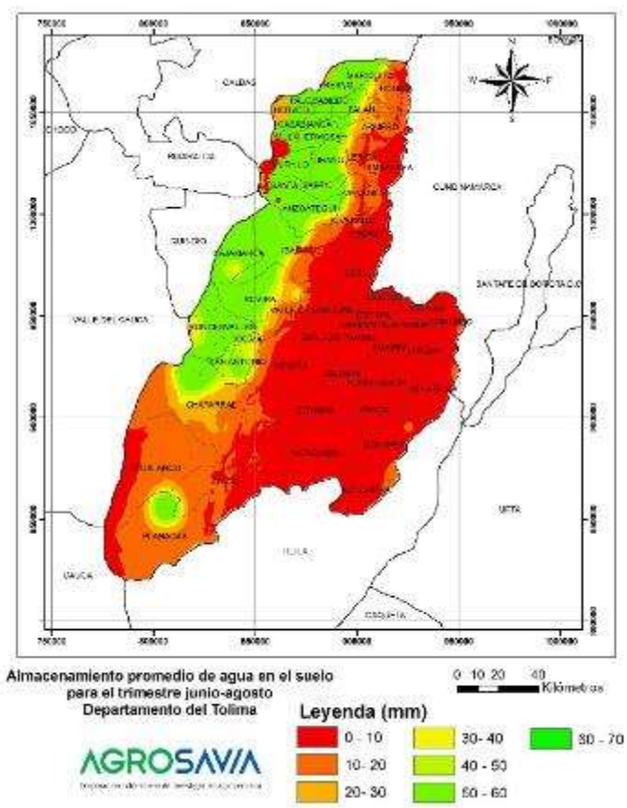
Entre junio y agosto, el periodo es aún más seco, los almacenamientos son cercanos a 0 mm y el área seca se amplifica. Al final de esta etapa, de septiembre a noviembre la condición mejora, pero los almacenamientos continúan por debajo de los 20 mm, y esta disponibilidad no cubre los requerimientos del cultivo, lo que la convierte en la zona con mayor demanda de riego suplementario.



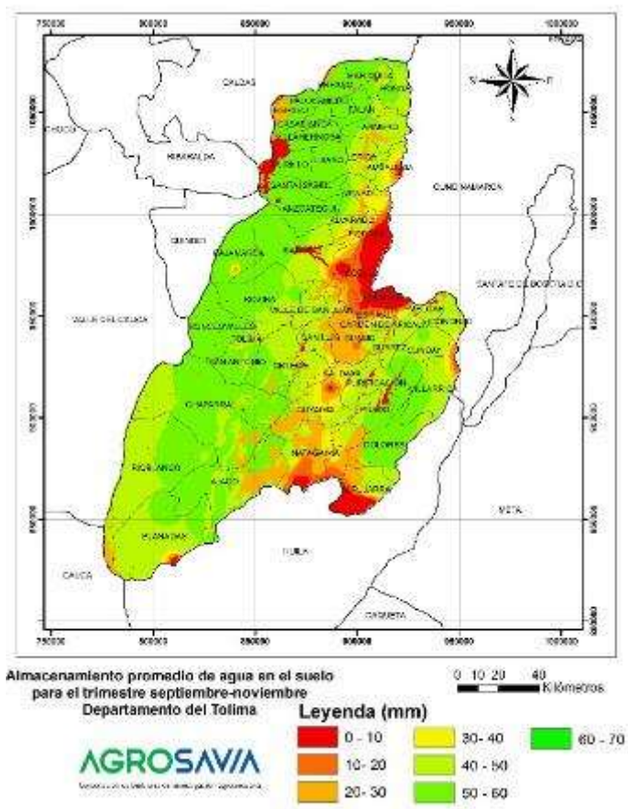
Diciembre-febrero



Marzo-mayo



Junio-agosto



Septiembre-noviembre

Figura 12. Balance hídrico trimestral del departamento del Tolima.
Fuente: Elaboración propia

Las temperaturas máximas se alcanzan en agosto, con promedios de entre 30 y 31 °C, mientras los menores valores, de 28 a 29 °C, se presentan noviembre. Las temperaturas mínimas tienen una menor variabilidad intraanual, con promedios de 19 °C a lo largo del año.

La humedad relativa media alcanza promedios anuales de entre el 66 % y el 80 %. Los promedios mensuales varían en función de la precipitación: alcanzan valores del 80 % en los meses más lluviosos y se reducen a promedios de un 76 % en el periodo seco (enero y febrero). En el marco de fenómenos como el de La Niña, los promedios mensuales superan el 80 %, y en el de El Niño se reducen en promedio un 1,5 % durante todo el año.

En las zonas productoras el brillo solar presenta valores entre 1.700 y 2.300 h/año, y en algunas áreas de Mariquita y Flandes alcanza el rango de 2.300 a 2.500 h/año.

Valle del Cauca

Los municipios productores de lima ácida Tahití en el Valle del Cauca son Palmira, El Cerrito, Guacarí, Buga, Tuluá, Andalucía, Bugalagrande y Caicedonia. Se encuentran en el valle geográfico del río Cauca, entre la margen derecha del río y el flanco occidental de la cordillera Central, en las cuencas hidrográficas de los ríos Amaime, El Cerrito, Tuluá, Morales, Guabas, Sabaletas, Sonso, Bugalagrande y La Paila. Sus paisajes predominantes corresponden a valles y planicies, con altitudes entre 500 y 1.000 m s. n. m., y hay algunos lomeríos y montañas hasta los 1.500 m s. n. m.

Las precipitaciones son de carácter bimodal, con dos periodos lluviosos, con niveles máximos entre abril y mayo, y entre septiembre y noviembre, separados por dos etapas secas en el inicio y la mitad del año.

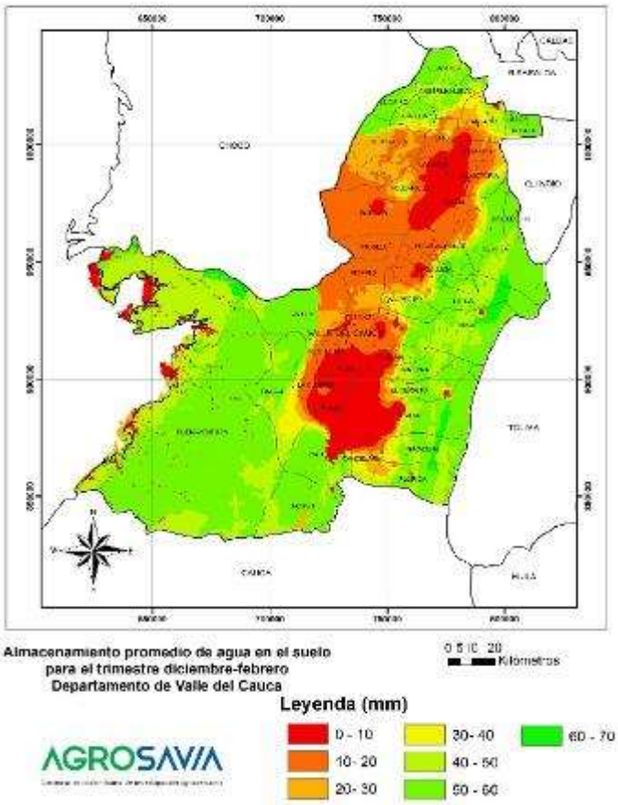
En los municipios productores del sur del Valle del Cauca, los promedios de precipitación alcanzan 900 mm, que con la altitud aumentan a 2.000 mm. Al norte del valle del río Cauca, se presenta el mismo patrón de variación, pero los promedios anuales en las zonas bajas son ligeramente mayores, y son de hasta 1.476 mm en Buga, 1.343 mm en Bugalagrande, 1.882 mm en Caicedonia, 1.976 mm en Tuluá, y 2.352 mm en Andalucía.

Las temperaturas y los niveles de radiación solar son altos, pues el promedio anual de ETo en la mayoría de los municipios productores está en el rango de 1.200 a 1.400 mm, lo que causa condiciones de balance hidroclimático negativo (figura 13), que alcanza deficiencias anuales de hasta 600 mm en las áreas bajas de Palmira, El Cerrito y Guacarí; condiciones de ligeros excesos, de hasta 300 mm anuales, en áreas bajas de Bugalagrande y Andalucía, y mayores excesos, de hasta 800 mm anuales, en Tuluá y Caicedonia.

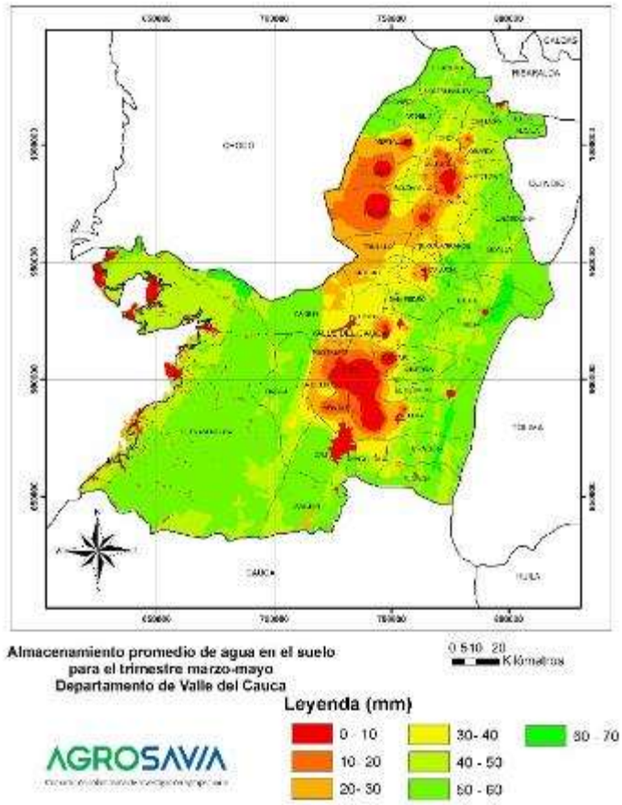
El fenómeno de El Niño ocasiona reducciones de entre el 20 % y el 40 % en la mayor parte de los municipios, y hasta del 60 % en áreas altas de El Cerrito y Tuluá, en los meses más secos del año: enero, febrero, junio y agosto. El fenómeno de La Niña tiende a generar incrementos de entre el 20 % y el 40 % en partes bajas de los municipios productores, y de entre el 40 % y el 60 % en algunas zonas de Tuluá y Bugalagrande.

En las áreas bajas de Palmira, El Cerrito y Guacarí, la temperatura media alcanza 25 °C, y en el resto de los municipios se encuentra entre 22 y 24 °C. De modo similar, el promedio de la temperatura máxima es del orden de los 30 °C en áreas bajas de Palmira, El Cerrito y Guacarí, mientras en los otros municipios productores oscila entre 28 y 30 °C.

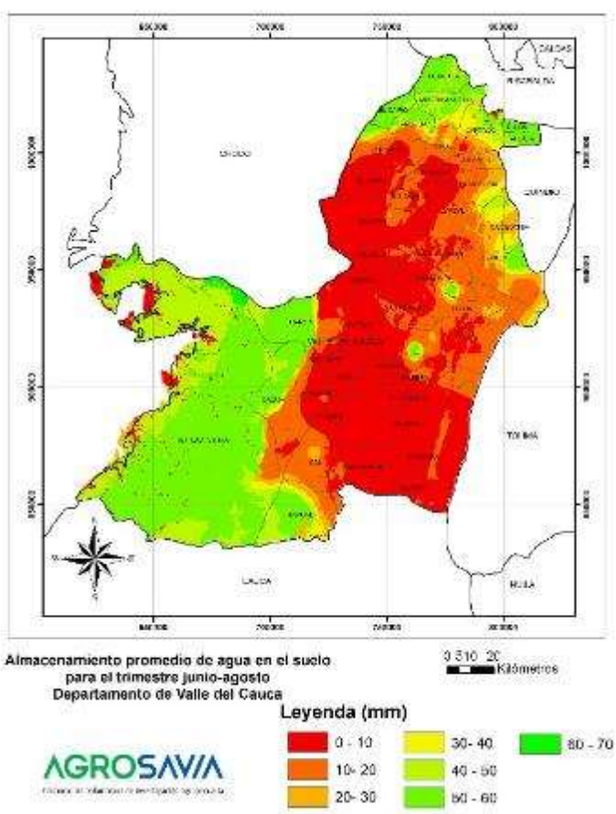
La temperatura mínima va de 16 a 20 °C en la mayor parte de los municipios, y en los lugares altos, el rango es de 12 a 16 °C. Durante fenómeno de El Niño, se presentan incrementos de los promedios de temperatura máxima de hasta 1 °C.



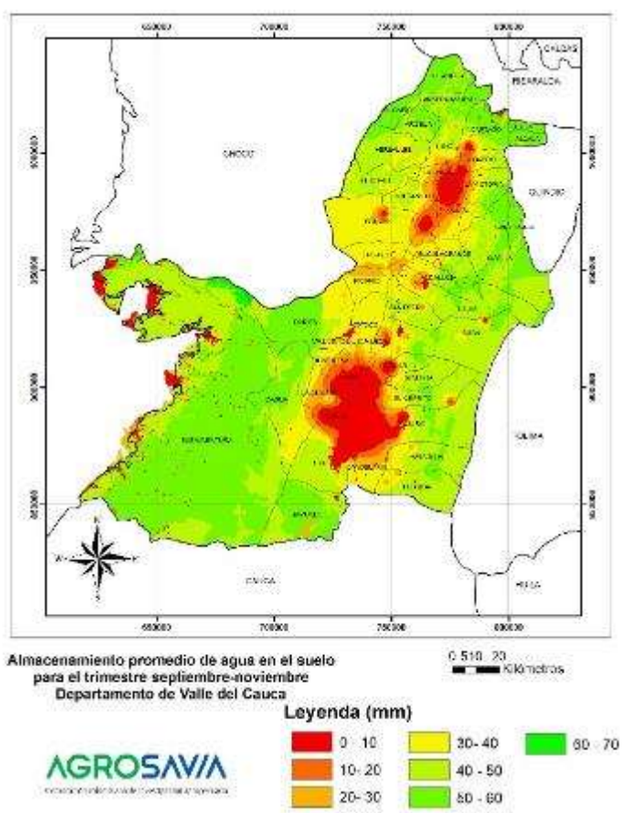
Diciembre-febrero



Marzo-mayo



Junio-agosto



Septiembre-noviembre

Figura 13. Balance hídrico trimestral del departamento del Valle del Cauca.
Fuente: Elaboración propia

Los promedios de humedad relativa varían de sur a norte y a medida que aumenta la altitud, con valores desde el 72 % en las zonas bajas de Palmira, un 77 % en Guacarí, y de entre el 80 % y el 85 % en Andalucía, Tuluá y Caicedonia.

El brillo solar alcanza promedios de 1.800 a 1.900 h/año en Palmira y El Cerrito; entre 1.500 y 1.700 en Andalucía y Bugalagrande, y valores menores, del orden de 1.200 h/año, en Caicedonia.

Agradecimientos

Los autores agradecen al equipo completo de agroclimatología de AGROSAVIA, quienes apoyaron directa e indirectamente el desarrollo de este capítulo.

Referencias

Agustí, M. (2003). *Citricultura*. Madrid, España: Mundi-Prensa.

Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA). (2006). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Mayor del Río Coello*. Ibagué, Colombia: CORTOLIMA. Recuperado de https://www.cortolima.gov.co/estudios.

Davies, F., & Albrigo, L. (1994). *Citrus.* Wallingford, Reino Unido: Centre for Agriculture and Bioscience International (CABI).

Gómez, G., Escobar, W., Caicedo, A., Pinto, M., Baquero, C., López, E., ... & Gil, L. (2008). *Tecnología para el cultivo de cítricos en la región Caribe colombiana.* Sevilla, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

Hernández, D., Mateus D., & Orduz-Rodríguez, J. (2014). Características climáticas y balance hídrico de la lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) en cinco localidades productoras de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *8*(2), 217-229.

Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas). (1998). *Memorias Mapa Geológico de Colombia.* Bogotá, Colombia: autor.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (1995). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso.* Bogotá, Colombia: autor.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2014). *Estudio general de suelos del departamento de Nariño.* Bogotá, Colombia: autor.

Reuther, W. (1985). *Requisitos del suelo para la producción de cítricos.* Bogotá, Colombia: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

Sánchez, L., Jaramillo, C., & Toro, J. (1987). *Fruticultura colombiana - Cítricos* (Manual de asistencia técnica N.º 42). Cali, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Servicio Nacional de Aprendizaje (Sena).

Capítulo III
Propagación de la lima ácida Tahití

Mauricio Fernando Martínez, Juliene Andrea Barreto Rojas y Nubia Murcia Riaño

La calidad agronómica, genética y fitosanitaria del material de siembra empleado para el establecimiento de un huerto productivo de lima ácida Tahití determina en gran medida su éxito y sostenibilidad. Para la siembra en campo, es importante utilizar material sano, que corresponda fielmente a la variedad a la cual pertenece, con una buena conformación de raíces, que no estén torcidas, y un fuste adecuado.

Desde el año 2014, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) estableció los requisitos básicos de los viveros o huertos, para productores o comercializadores de semilla sexual o asexual de cítricos, con el fin de regular la producción y la comercialización de plantas de cítricos y disminuir los riesgos de diseminación de problemas fitosanitarios como ácaros, insectos, virus, viroides y bacterias.

En este capítulo, se presentan algunas recomendaciones necesarias para la producción de material de propagación de lima ácida Tahití, con algunos atributos de calidad determinados a partir de investigaciones realizadas por AGROSAVIA.

Infraestructura requerida para la propagación

Debido a la presencia en Colombia de algunas enfermedades que se transmiten por injerto o vectores, como los virus de la tristeza de los cítricos (CTV) y de la leprosis (CiLv), el viroide de la exocortis (CEVd) y la bacteria *Candidatus* Liberibacter asiaticus, causante del *huanglongbing* (HLB), es indispensable que las áreas dedicadas a la producción de plantas de lima ácida Tahití y otros cítricos estén protegidas en casas de malla antipulgón, que generen una barrera física para el ingreso de insectos y ácaros vectores de estas afecciones.

De acuerdo con la Resolución N.º 4215 de 2014 del ICA, la protección de las áreas de multiplicación se puede realizar con estructuras metálicas u otros materiales con buena resistencia; una cubierta superior (techo) en plástico de calibres 6, 7 u 8, filtros UV y, preferiblemente, tratamientos antivectores o una malla antiáfido de hasta 50 mesh (figura 14).

Foto: Mauricio Martínez

Figura 14. Modelo de casa de malla antipulgón para la producción de plantas de lima ácida Tahití.

Para mejorar las condiciones de temperatura y humedad relativa dentro de las casas de malla, se recomienda un sistema de ventilación protegido con malla antiáfido. También es necesario que el área perimetral de la casa esté resguardada con este tipo de malla, que debe tener una abertura máxima de poro de 0,87 mm x 0,30 mm (hasta 50 mesh).

De igual forma, se requiere que el piso cuente con un aislamiento de plástico, ladrillo, concreto o lámina galvanizada. Así mismo, estas casas deben tener una antesala, con dimensiones mínimas de 4 m^2, doble puerta y un pediluvio o tapete fitosanitario, que disminuya el riesgo de ingreso de enfermedades. El tamaño de la antesala depende de la capacidad de producción de cada vivero.

Para producir plantas de cítricos sanas, el ICA definió que se requieren al menos tres unidades de producción en condiciones protegidas, que se enuncian a continuación.

Área de semilleros de portainjertos o patrones, la cual debe:

- Estar delimitada y tener un rótulo de identificación, donde se registre el portainjerto.
- Tener las camas de germinación elevadas del suelo, para disminuir el peligro de contaminación por patógenos.
- Contar con un sistema de riego que permita el suministro de agua.

Área de trasplante y producción de patrones e injertación, la cual debe:

- Estar delimitada y tener un rótulo de identificación, donde se registre el portainjerto.
- Producir los patrones en camas o bloques elevados del piso, para reducir los riesgos de contaminación de patógenos.
- Tener rotulación en cada cama o bloque, indicando las fechas de trasplante y de injertación.

Área de distribución de plántulas, la cual debe:

- Estar delimitada y tener un rótulo de identificación, donde se registre el portainjerto.
- Mantener las plantas injertadas en camas o bloques elevados del piso, para disminuir el peligro de contaminación por patógenos.
- Tener un suministro de agua localizado, a través de un sistema de riego y uno de evacuación de agua.

Además de las casas de malla, los viveros deben tener otros espacios que hacen parte de la producción de plantas de lima ácida Tahití, como las áreas de preparación de sustratos, de manejo de residuos vegetales, de almacenamiento de insumos, y las demás requeridas para la implementación de buenas prácticas agrícolas.

Extracción, almacenamientoy germinación de las semillas de los portainjertos

La producción de plantas de cítricos comienza con la recolección, extracción, secado y almacenamiento de las semillas de los portainjertos. Los frutos utilizados para la extracción de semillas deben provenir de árboles madre que se desarrollen en viveros protegidos o en campo abierto, que tengan un manejo agronómico específico para la producción.

Las semillas de los portainjertos más utilizados en Colombia para la multiplicación de lima ácida Tahití son poliembriónicas, es decir que una semilla puede tener dos o más embriones, que se forman a partir de células diploides de la nucela (embrionía nucelar) o del tegumento.

Esta característica se debe a procesos apomícticos que ocurren en los óvulos de algunas angiospermas (Koltunow, 1993), en los cuales los embriones de desarrollan directamente de una célula inicial, sin necesidad de formar un saco embrionario (Sedgley & Griffin, 1989). En cítricos, la poliembrionía se puede ver afectada por las condiciones ambientales, y variar de un año a otro en el mismo árbol. El número de embriones puede variar en las semillas de un mismo fruto (figura 15).

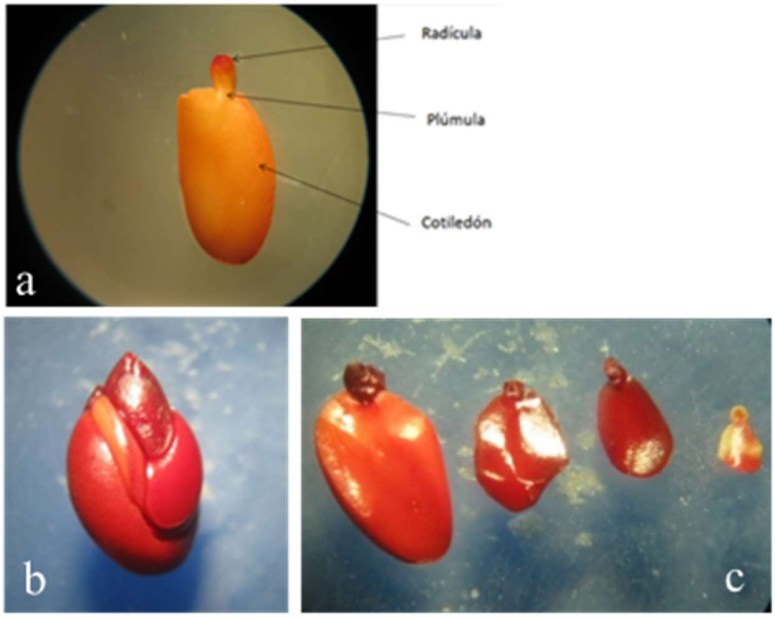


Foto: Kerlly Moncaleano

Figura 15. Semillas de portainjertos de cítricos. a. Semilla monoembriónica; b. Semilla poliembriónica; c. Cuatro embriones de una semilla poliembriónica.

Las plantas nucelares provenientes de semillas poliembriónicas se han utilizado en la multiplicación de cítricos, ya que confieren uniformidad genética (Koltunow, Hidaka, & Robinson, 1996), característica deseada en la selección de un portainjerto.

Además, las plantas obtenidas de este tipo de semillas, están libres de algunas enfermedades, como el virus de la tristeza de los cítricos (CTV), el viroide de la exocortis de los cítricos (CEVd) y el *huanglongbing* (HLB), causado por la bacteria *Candidatus* Liberibacter, entre otras, ya que el saco embrionario y los tejidos adyacentes se forman en la etapa de floración, con ácidos nucleicos que destruyen las partículas de virus (Dhillon, Kaundal, & Cheema,1993).

Varios autores reportan que la poliembrionía puede variar dependiendo del portainjerto. En el limón Volkameriana se registra un 60 % de semillas monoembriónicas, mientras que el 40 % restante corresponde a poliembriónicas. Por su parte, en la mandarina Cleopatra la poliembrionía es del 80 % (Andrade, Villegas, & García, 2003; Moncaleano, 2014; Sánchez-Damas, Avitia-García, Castillo-González, Villegas-Monter, & Corona-Torres, 2006).

En lo que respecta al portainjerto Citrumelo CPB 4475 o Citrumelo Swingle, la poliembrionía varía entre el 50 % y el 94 %, y presenta entre 1,4 y 2,3 embriones por semilla (Guerra, Wittmann, Schwarz, Souza, & Campos, 2013; Ramos, Araújo-Neto, de Castro, Martins, & Guimarães, 2006).

Los frutos de los cuales se va a colectar la semilla que se selecciona para la producción de portainjertos deben cumplir con las siguientes características:

- Ser de tamaño homogéneo, de acuerdo con el portainjerto (tabla 1).
- Estar totalmente desarrollados y maduros.
- No presentar síntomas de pudriciones, ni defectos en la forma o la piel.
- Ser cosechados directamente del árbol. No se deben tener en cuenta aquellos caídos en el suelo.

Tabla 1. Características de frutos y semillas de los portainjertos de mayor uso en la multiplicación de lima ácida Tahití en el CI Palmira de agrosavia (2017)

Portainjerto	Peso de los frutos (gr)	Número de semillas por fruto	Semillas puras (%)	Semillas vanas (%)	Número de semillas por kilo
Flying Dragon	28,98	25	89,6	10,4	5.000
Citrumelo cpb 4475	127,46	15	72,9	27,1	5.500
Sunki × English	36,2	13	99,8	0,2	8.000
Limón Volkameriana	179,35	17	88,2	11,8	8.000

Fuente: Elaboración propia

Después de seleccionar los frutos que cumplan las condiciones enunciadas, se extrae la semilla con el siguiente procedimiento (figura 16):

- Se divide el fruto en partes, con la finalidad de separar la semilla de la pulpa. Luego se agrega agua y se somete a fermentación.
- Se lava la semilla varias veces, para asegurar su limpieza total.

- Una vez que las semillas estén libres de residuos, se deben secar bajo la sombra durante 24 a 36 horas, para disminuir el contenido de humedad. El tiempo de secado depende del portainjerto.
- Cuando las semillas estén secas, se aconseja realizar una selección de acuerdo con su tamaño, peso y uniformidad. Las semillas atípicas se deben descartar.
- Si las semillas se van a almacenar, se recomienda el uso de un fungicida preventivo como protección contra los hongos que las atacan durante el almacenamiento y la germinación, como *Rhizoctonia* sp., *Pythium* sp., *Fusarium* sp., *Sclerotium* sp., *Penicillium* sp., *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Cercospora* sp. y *Streptomyces* sp.
- Antes de la siembra es recomendable someter las semillas a un tratamiento de desinfección con agua caliente (51-52 °C durante 10 minutos).

Foto: Mauricio Martínez

Figura 16. Extracción de semillas de limón Volkameriana. Forma adecuada de cortar el fruto, para evitar el daño de las semillas.

La viabilidad de las semillas en el tiempo depende del portainjerto y de las condiciones de extracción y almacenamiento. En trabajos realizados por AGROSAVIA acerca de condiciones de almacenamiento de semillas de portainjertos de lima ácida Tahití, se determinó que aquellas de limón Volkameriana y Sunki × English se pueden almacenar hasta durante seis meses sin que pierdan la viabilidad. En el caso de Citrumelo CPB 4475, el tiempo recomendado para contar con una viabilidad superior al 70 % es de 3 meses (Jaramillo, Martínez, Cardozo, & Burgos, 2012).

Para el almacenamiento se recomienda utilizar bolsas de aluminio, en condiciones de temperatura que no superen los 10 °C. Se aconseja realizar las pruebas de germinación de semillas de portainjertos de cítricos después de haber sido almacenadas durante varios meses.

Producción de portainjertos

Las siembras de semillas de los portainjertos de cítricos se pueden realizar en semilleros de arena o en bandejas de germinación en casas de malla, como lo determina la Resolución N.º 4215 de 2014 del ICA, en la que se establecen los requisitos para el registro de los viveros o huertos básicos, por los productores o comercializadores de semilla sexual o asexual (material vegetal de propagación) de cítricos.

Siembra en semillero

Una vez que se ha determinado el sustrato, es necesario seleccionar el lugar para que la semilla germine. Con este fin, se sugiere utilizar bandejas o camas de germinación, construidas en mampostería, aisladas e identificadas; es imprescindible que estén levantadas del piso mínimo 15 cm, que tengan una profundidad mínima de 15 cm, un ancho de 1 metro, y la longitud que las dimensiones del vivero permitan (figura 17a).

Foto: Mauricio Martínez

Figura 17. Semilleros para portainjertos de lima ácida Tahití. a. Camas de germinación en arena; b. Bandejas de germinación de 40 alveolos.

Se recomienda utilizar bandejas de germinación cuyo alveolo tenga una profundidad superior a los 10 cm y una capacidad mínima de 130 cm^3 de sustrato (figura 17b). La profundidad de la siembra dependerá del tamaño de la semilla, que está condicionado por el tipo de portainjerto que se utilice. Se sugiere sembrar las semillas pequeñas a una profundidad de entre 1,5 y 2,0 cm, y las grandes entre 2,5 y 3,0 cm.

Los sustratos usados comúnmente en la germinación de semillas de portainjertos de lima ácida Tahití son arenas medianas, cuando se utilizan camas, y mezclas de diferentes compuestos cuando se emplean bandejas. En regiones con altas temperaturas, se recomienda usar polisombra en el área de germinación, para mantener las condiciones de humedad de los sustratos.

En condiciones de ambiente protegido en el CI Palmira, la emergencia de los portainjertos inicia a partir de los 15 días después de la siembra (dds) y se estabiliza entre los 50 y 55 días (figura 18). El pico máximo de germinación se da entre los 25 y 35 días dds, cuando es indispensable mantener el contenido de humedad. El porcentaje final de germinación depende del portainjerto, pero debe alcanzar valores superiores al 70 %.

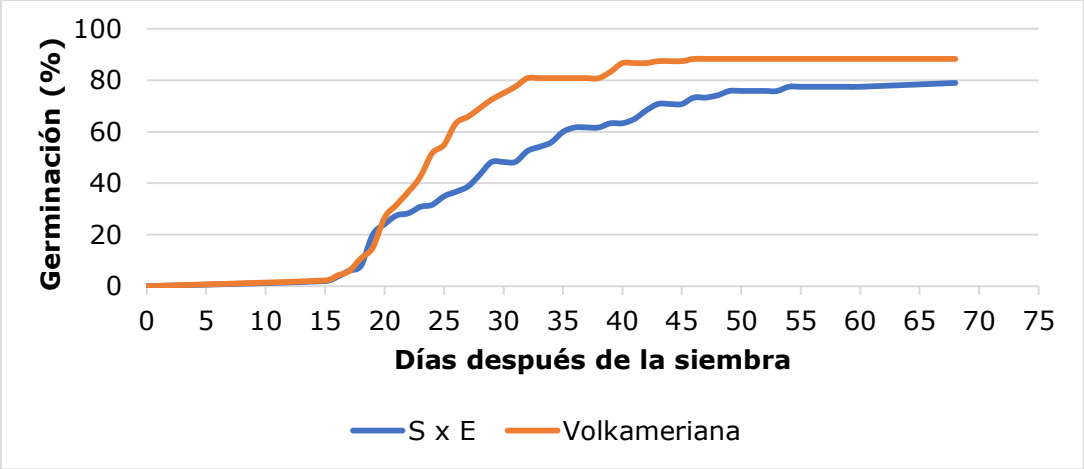


Figura 18. Curvas de germinación de los portainjertos Sunky × English y Volkameriana, en condiciones de casa de malla antipulgón en el CI Palmira de AGROSAVIA.
Fuente: Elaboración propia

Riego y fertilización en la etapa de semillero

Luego de la siembra, se deben realizar riegos periódicos suficientes para mantener una adecuada hidratación del medio de germinación. Es necesario que el riego se haga a diario si el sustrato es arena, o día de por medio si es una mezcla de varios compuestos. Para favorecer el crecimiento de las plántulas, se agrega fertilizante nitrogenado cuando alcanzan una altura de 5 a 10 cm. Se puede aplicar urea (46 % N) a razón de un gramo por cada litro de agua, y es indispensable tener cuidado en la distribución, para evitar la quemadura de las plántulas.

Una vez que las plántulas de los portainjertos hayan alcanzado una altura superior a los 10 cm, se seleccionan las que tengan un estado vegetativo adecuado para ser trasplantadas en el sustrato definitivo. La selección puede realizarse por tamaño, descartando materiales grandes, ya que pueden tener inconvenientes en el desarrollo radical, o dejando de lado plántulas muy pequeñas, que ocasionan atrasos en el desarrollo del portainjerto. También se deben descartar plantas atípicas y con cuello de raíz torcida.

Sustrato y bolsas para trasplante

La bolsa para la siembra de frutales debe tener las siguientes características especiales: calibre 3, con aditivo UV, de 43 cm de largo (bolsa vacía) y 20 cm de ancho, incluyendo el fuelle, con al menos 9 perforaciones laterales en el tercio final. Este tamaño tiene una capacidad de almacenamiento de sustrato entre 5 y 6 kg. Además, debe ser negra, de polietileno de primer uso (denominada bolsa 1), y estar marcada con el nombre del vivero y el número del registro ICA.

Por otro lado, el sustrato tiene como objetivo favorecer el rápido crecimiento de las raíces y de la parte área de la planta, y sirve como soporte en la fase de vivero. Se recomienda utilizar uno con buenas características físicas y químicas, como el compuesto por tres partes de suelo + una de cascarilla de arroz + una de abono orgánico, en lo posible con adición de micorrizas, que puede variar entre 5 y 20 g por planta.

Las bolsas se deben llenar garantizando que no queden espacios vacíos en los que las raíces se puedan dañar, o que disminuyan su volumen en el momento de regarlas. Este tamaño de bolsa, en conjunto con la selección de un buen sustrato, permiten un buen desarrollo del sistema radical.

Trasplante de patrones

El tiempo apropiado para el trasplante de los portainjertos varía entre 90 y 120 días después de la siembra, y los portainjertos trifoliados son los que requieren el mayor tiempo. El trasplante debe hacerse cuando la plántula tenga cerca de 15 cm de altura, y esté sana y formada adecuadamente (con tres hojas verdaderas y raíces fibrosas bien formadas).

Si las plántulas provienen de bandejas de germinación, esta actividad se puede desarrollar durante todo el día, sin importar el clima (figura 19a); mientras que en las plántulas a raíz desnuda provenientes de germinadores deberá hacerse en horas de la mañana o en días con alta nubosidad, para evitar que el sol las deshidrate y entren en estrés por déficit hídrico (figura 19b).

Foto: Mauricio Martínez

Figura 19. Plántulas en condiciones óptimas para el trasplante en bolsas. a. Portainjerto Carrizo a raíz desnuda; b. Portainjerto Volkameriana con sustrato de cespedón.

Cuando se hayan trasplantado, es necesario efectuar un riego, con el fin de asegurarse de que las plántulas tengan suficiente humedad en el sustrato y no se retrase su desarrollo. Para un óptimo desarrollo de las plantas sembradas a raíz desnuda, se debe garantizar que las raíces estén muy bien colocadas dentro del orificio de siembra, y en contacto total con el sustrato, para evitar el riesgo de problemas de cola de marrano, o incluso deshidratación del material.

Una vez hecho el trasplante, se sugiere aplicar los fungicidas fosetil aluminio + propamocarb (100 ml en 100 l de agua) sobre el cuello de la raíz de las plantas, con el propósito de protegerlas de enfermedades causadas por *Fusarium* sp. y *Phytophthora* spp.

Desarrollo de los portainjertos en fase de vivero

A partir del trasplante, los portainjertos en condiciones de casa de malla requieren un tiempo de entre 120 y 180 días para alcanzar el diámetro de injertación a una altura no inferior a los 20 cm.

De acuerdo con la figura 20, existen diferencias en el desarrollo del diámetro de los portainjertos. En el caso de Citrumelo CPB 4475, alcanza un grosor del patrón de 5 mm a los 125 días del trasplante, mientras que el patrón Kryder 15-3 alcanza este mismo diámetro después de 155 días.

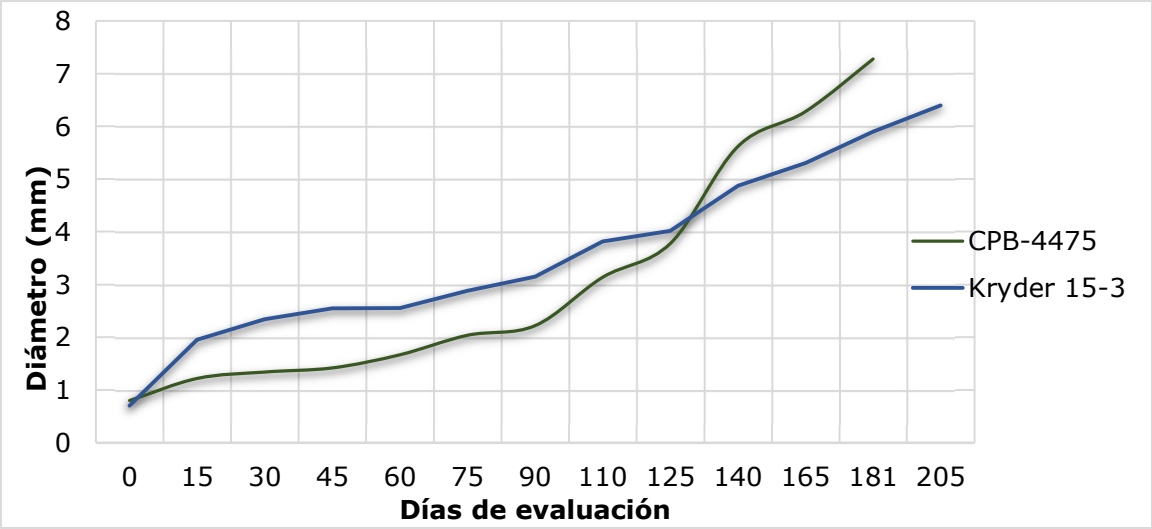


Figura 20. Desarrollo de los portainjertos cpb 4475 y Kryder 15-3, en casas de malla del CI Palmira de AGROSAVIA.
Fuente: Elaboración propia

En esta fase, los portainjertos deben tener el desarrollo más homogéneo posible, con un crecimiento recto y sin ramificaciones, para lo cual se recomienda una buena selección de las plántulas en el trasplante y una estratificación continua, con base en la altura de la planta. Durante este periodo se deben realizar fertilizaciones con fuentes nitrogenadas, para estimular el crecimiento de las plantas.

En lo que respecta a la aplicación del riego, es necesario monitorear el contenido de humedad de los sustratos, manteniéndolo a capacidad de campo. Se recomienda utilizar el sistema por goteo, con goteros autocompensados de 2 a 4 L/hora; el tiempo de riego dependerá del sustrato utilizado y del desarrollo de la planta.

En condiciones de casa de malla antipulgón del CI Palmira, donde las condiciones de temperatura oscilan entre 45 y 18 °C, con un promedio de 27 °C, y una humedad relativa del 70 %, por lo general se realizan tres riegos por semana.

Cuando el 70 % del bloque de patrones haya alcanzado un diámetro de 5 a 8 mm, a una altura de entre 20 y 30 cm, se debe iniciar la injertación de la lima ácida Tahití. Antes de hacerlo, es recomendable eliminar las hojas y las espinas que se encuentren 10 cm por debajo del punto donde se realizará el injerto.

Se aconseja identificar los portainjertos con pinturas de colores (amarillo, rojo, verde, azul y otros, dependiendo de cuántos patrones se estén manejando en el vivero) en la parte baja del tallo. Se debe dejar registro de esta actividad en el libro de campo, con el fin de identificar correctamente el tipo de portainjerto.

Injertación de patrones y desarrollo de las copas

En la injertación de patrones de lima ácida Tahití, las yemas deben provenir de un huerto básico registrado ante el ICA, que pueda garantizar la identidad genética de los materiales, así como la sanidad frente a las principales enfermedades de tipo viral y bacteriano. En trabajos realizados por Rodríguez, Murcia y Martínez (2017), se encontró una baja variabilidad genética entre los materiales de esta especie, multiplicados en 22 viveros de siete departamentos de Colombia.

El tipo de injerto más utilizado en Colombia es el de "T" invertida. Con este fin, se selecciona la parte más plana de los portainjertos y se realizan dos cortes con la navaja, uno horizontal y otro vertical. Después, se coloca la yema en el corte y se sujeta con una cinta de polietileno de aproximadamente 2 cm de ancho por 15 cm de largo.

La clave en este proceso es generar un buen ajuste de la zona de injertación, para asegurar que la yema tenga un contacto adecuado con el patrón y de esta manera estimular el desarrollo de tejidos vasculares. Otro aspecto importante es el cubrimiento de la zona del injerto, con el fin de evitar el contacto con el agua, que puede causar la proliferación de microorganismos y disminuir la probabilidad del prendimiento de la yema.

Para reducir el riesgo de diseminación de enfermedades, se recomienda que, al pasar de una planta injertada a una por injertar, se desinfecten las navajas de injertación en una solución de hipoclorito de sodio al 1 %.

Entre 10 y 15 días después de haber realizado los injertos, se retira la cinta de polietileno de la zona de injertación y se verifica el prendimiento (figura 21). Durante los próximos 15 días, se deben revisar todas las plantas, para determinar si es necesaria una reinjertación. El tiempo para la comprobación del prendimiento de yemas depende de la zona donde se encuentren los viveros: a mayor temperatura, menor es el tiempo del desarrollo.

Fotos: Mauricio Martínez; Andrea Barreto

Figura 21. Desarrollo de yemas de lima ácida Tahití. a. Después de 15 días de injertación; b. Después de 25 días de injertación.

Una vez que se haya confirmado el prendimiento de la yema, y dependiendo del portainjerto, se hace un corte del patrón 5 cm por encima del injerto, con el objetivo de favorecer el desarrollo del brote. En algunas regiones se realiza el doblaje o agobio del patrón con este mismo fin.

Posteriormente, se debe realizar el tutorado de los brotes, para favorecer un crecimiento recto de los injertos. En la primera etapa de desarrollo se puede utilizar el segmento del patrón que está por encima del punto de injertación.

El tiempo que debe transcurrir desde el injerto hasta lograr un material apto para el establecimiento en los huertos de los productores es de 4 a 6 meses, dependiendo del portainjerto utilizado. En casas de malla antipulgón, el tiempo de desarrollo de las copas es más acelerado que en condiciones de campo abierto.

No se recomienda entregar árboles de lima ácida Tahití que no hayan alcanzado un buen porte en vivero, ya que aumenta la probabilidad de que estos mueran por golpes de sol, por lluvias fuertes o ataques de plagas, principalmente la hormiga arriera.

Durante el desarrollo de esta planta en vivero, se debe tener un manejo fitosanitario adecuado. Se recomienda realizar monitoreos quincenales de las principales plagas que se presentan en vivero, como ácaros, escamas, moscas blancas, minador, áfidos y psílidos. También se debe verificar la presencia de enfermedades como gomosis y fumagina. En estos casos es necesario hacer un manejo integrado. Los riegos deben realizarse de forma periódica, para asegurar la disponibilidad de agua en el sustrato y la solubilidad de los nutrientes después de la fertilización.

El tiempo de producción de plantas de lima ácida Tahití en vivero oscila entre 9 y 12 meses, depende en gran medida del portainjerto utilizado, y el limón Volkameriana es el que requiere menor tiempo. Si se realiza un manejo adecuado de las plantas en vivero, se asegura a los productores de cítricos la disponibilidad de material de siembra con calidad genética, fisiológica y fitosanitaria.

Agradecimientos

Los autores agradecen al equipo de investigación de AGROSAVIA del CI Palmira, a los asistentes de investigación Gustavo Acosta, Carlos Octavio Gómez y Luz Marina Acosta, por el trabajo y el permanente apoyo a las actividades de propagación.

Referencias

Andrade, M., Villegas, A., & García, A. (2003). Características morfológicas del fruto y poliembrionía de tres portainjertos de cítricos. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, *9*(2), 255-269.

Dhillon, R., Kaundal, G., & Cheema, S. (1993). Nucellar embryony for propagating *Citrus*. *Indian Horticulture*, *38*, 44-45.

Guerra, D., Wittmann, M., Schwarz S., Souza P., & Campos, S. (2013). Reproductive characteristics of citrus rootstocks grown under greenhouse and field environments. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, *13*(3), 186-193.

Jaramillo, A., Martínez, M., Cardozo, C., & Burgos, J. (2012). Determinación de condiciones controladas de almacenamiento seguro para semillas de portainjertos de lima ácida Tahití. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *13*(2), 151-158.

Koltunow, A. (1993). Apomixis: embryo sacs and embryos formed without meiosis or fertilization in ovules. *The Plant Cell*, *5*(10), 1425-1437.

Koltunow, A., Hidaka, T., & Robinson, S. (1996). Polyembryony in citrus: accumulation of seed storage proteins in seeds and in embryos cultured in vitro. *Plant Physiology*, *11*(2), 599-609.

Moncaleano, K. (2014). *Estudio de factores de calidad fisiológica de las semillas de siete portainjertos de cítricos* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.

Ramos, J., Araújo-Neto, S., de Castro, N., Martins, P., & Guimarães, M. (2006). Poliembrionia e caracterização de frutos de Citrumelo Swingle e de *Poncirus trifoliata*. *Ciência e Agrotecnologia Lavras*, *30*(1), 88-91.

Rodríguez, D., Murcia, N., & Martínez, M. (2017). *Variabilidad genética de limas ácidas con marcadores Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs) en Colombia*. En V Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical y en el IX Simposio Internacional de Piña, La Habana, Cuba.

Sánchez-Damas, J., Avitia-García, E., Castillo-González, A., Villegas-Monter, A., & Corona-Torres, T. (2006). Estudio anatómico de la poliembrionía en tres portainjertos de cítricos. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, *12*(2), 145-152.

Sedgley, M., & Griffin, A. (1989). *Sexual reproduction of tree crops*. Nueva York, EE. UU.: Academic Press.

Capítulo IV
Patrones para lima ácida Tahití

Diana Mayerly Mateus Cagua, Mauricio Fernando Martínez
y Javier Orlando Orduz-Rodríguez

La injertación es una práctica hortícola indispensable en la citricultura, ya que factores como la capacidad de respuesta de la planta a las condiciones ambientales (favorables o adversas), el tipo de explotación o incluso el mercado al cual está dirigida la producción dependen en gran medida de una adecuada interacción entre la copa y el patrón. En este sentido, la selección del patrón o portainjerto es considerada una de las actividades más importantes en el establecimiento de los huertos comerciales, pues determina el sistema radical en las plantas (Wutscher & Bistline, 1988).

El patrón es el responsable de la absorción y el transporte de agua y minerales; del almacenamiento, síntesis y transporte de reguladores de crecimiento, coordina actividades mediante señales químicas y hormonales, y confiere el anclaje físico al suelo (Connel & Catlin, 1994). Esto explica la influencia que ejerce en variables relacionadas con el crecimiento de la planta, la producción y la calidad de los frutos de la variedad injertada.

Diferentes estudios han mostrado la relación fisiológica existente entre la copa y el patrón. Se ha reportado la correlación entre la conductividad hidráulica de la raíz del portainjerto y la tasa de intercambio de CO_2 en la copa (Syvertsen y Graham, 1985). Los portainjertos que tienen una mejor conductividad de la raíz (una característica deseable en condiciones de déficit hídrico) favorecen las tasas de fotosíntesis neta y, por tanto, tienen influencia en el transporte de fotoasimilados.

Este reporte concuerda con los hallazgos de Morinaga e Ikeda (1990) quienes explicaron el impacto del patrón en la actividad fotosintética, que está asociada tanto a cambios morfológicos como bioquímicos en las hojas (densidad estomática y actividad de rubisco, respectivamente). También se han

encontrado diferencias en el número de estomas según el patrón empleado, lo cual modifica el intercambio gaseoso y la fijación de CO_2 (Berdeja-Arbeu, Villegas-Monter, Ruiz-Posadas, Sahagún-Castellanos, & Colinas-León, 2010).

Además, se ha señalado que la distribución de carbohidratos en los órganos de la planta también podría estar relacionadas con el portainjerto, dado que afecta el desarrollo de órganos vegetativos y reproductivos (Jover et al., 2012; Rodríguez-Gamir, Primo-Millo, Forner, & Forner-Giner, 2010).

La selección del patrón es fundamental para superar factores bióticos o abióticos que puedan limitar el rendimiento, la sanidad y la longevidad del sistema productivo. Pueden brindar tolerancia a una alta salinidad, a periodos de encharcamiento o sequía, y a enfermedades como gomosis, virus de la tristeza de los cítricos (CTV) y declinio, o por el contrario ser susceptibles a algunos de esos factores. Por tal razón, una selección equivocada del patrón podría generar consecuencias económicas desfavorables significativas en las inversiones realizadas.

En este capítulo se presenta la información acerca de los patrones utilizados en Colombia para la producción de lima ácida Tahití, y los principales resultados experimentales obtenidos a partir de investigaciones realizadas por AGROSAVIA, en lo que se refiere a rendimiento, crecimiento vegetativo, comportamiento sanitario y calidad de los frutos.

Patrones usados en Colombia

En el país hay cultivos de lima ácida Tahití establecidos en zonas que van desde el nivel del mar hasta los 1.600 m s. n. m. (Dorado, 2011; Hernández, Mateus, & Orduz-Rodríguez, 2015; López & Cardona, 2007), lo que implica una amplia variedad de condiciones edafoclimáticas y de manejo agronómico que pueden modificar la expresión del material vegetal.

Con el propósito de mejorar la eficiencia productiva, la calidad del fruto, la precocidad y la longevidad de las plantas, es importante que se seleccionen

portainjertos que respondan de forma adecuada a los principales factores limitantes en cada región en particular.

Beltrán (2012) y Quiroga-Cardona, Hernández- Parrado, Silva-Herrera y Orduz-Rodríguez (2010) reportan que en Colombia el patrón más utilizado para la producción de esta especie es el limón Volkameriana, debido a su precocidad y alto volumen de producción. Sin embargo, también se mencionan algunas limitaciones que afectan la calidad de fruto, relacionadas con el color y el tamaño, el desarrollo de las plantas y la susceptibilidad a la gomosis.

De acuerdo con Jaramillo (1984), las primeras introducciones de patrones para cítricos en el país se realizaron entre 1932 y 1941. Los reportes más recientes han sido entregados por AGROSAVIA y el Centro Nacional de Investigaciones del Café (Cenicafé), entre 2007 y 2014, como resultado de trabajos de investigación orientados a identificar patrones adaptados a condiciones específicas en zonas productoras.

Además, en 2009 se inició un trabajo experimental con lima ácida Tahití en las principales regiones productoras de Colombia, en el que se evaluaron seis portainjertos. Sus resultados se encuentran en la etapa de análisis de la información obtenida, aunque se presentarán datos preliminares en este documento.

Dentro de los principales portainjertos que han sido evaluados con lima ácida Tahití en el país, en diferentes periodos de tiempo, están: limón rugoso, limón Volkameriana, mandarina Cleopatra, lima Rangpur, Citrange Carrizo, Citrumelo CPB 4475 (Swingle), Kryder 15-3, Pomeroy, Rubidoux, Sunki × Jacobson (S×J), Sunki × English (S×E) y Citremón 1449 (C-1449).

Las variables de interés hortícola han sido determinantes para la selección de patrones. Por ejemplo, ensayos desarrollados en Pereira, Risaralda, por López y Cardona (2007) descartaron el portainjerto C-1449, a causa de su bajo porte y producción, que pueden estar relacionados con su susceptibilidad al CTV, reportada por Bitters (1972) y Monteverde, Laborem, Ruiz, Espinoza y Guerra (1996) en California y Carabobo (Venezuela), respectivamente. Por su lado, el

limón Volkameriana, el limón rugoso y la lima Rangpur fueron los que indujeron un mayor volumen de copa y una producción por planta mayor, aunque presentaron una eficiencia productiva intermedia.

En este sentido, el vigor de las plantas es fundamental para seleccionar un portainjerto, puesto que las que presentan un excesivo crecimiento dificultan las labores de campo como la cosecha, la aplicación de tratamientos sanitarios y la poda de formación y de mantenimiento y podrían favorecer la presencia de problemas fitosanitarios. Entre seis portainjertos evaluados, Chaparro-Zambrano, Velásquez y Orduz-Rodríguez (2013) encontraron que S×E mostró el mejor comportamiento productivo y la mayor longevidad, en condiciones del piedemonte del Meta.

De igual forma, la calidad de los frutos se ha convertido en otra prioridad en la producción de lima ácida Tahití, debido a las nuevas oportunidades en el mercado internacional y a la necesidad de cosechar frutos con mejores características para poder competir en ese mercado. El color verde intenso, con escasas áreas afectadas por golpes de sombra (ocasionadas por el sombreamiento de hojas u otros frutos), es una de las principales exigencias para la exportación, al igual que el calibre, y en menor medida las características del jugo.

La producción para exportación de lima ácida Tahití con destino al mercado europeo es liderada por los municipios de Girón y Lebrija (Santander), donde las condiciones climáticas, la incorporación de tecnología para el manejo del cultivo y la experiencia de los productores han permitido exportaciones de altos volúmenes de fruta.

Mientras tanto, en el mercado interno se privilegian el contenido de jugo y la facilidad para extraerlo de forma manual. Este mercado es dominado por la región productora del Tolima, en la cual se utiliza el patrón Volkameriana.

También se ha hecho énfasis en identificar patrones que puedan superar o atenuar problemas fitosanitarios limitantes para la producción en el país, como los causados por *Phytophthora* sp. y el CTV (Beltrán, 2012; Mateus, Pulido, Gutiérrez, & Orduz-Rodríguez, 2010).

Resultados de evaluación en Colombia

A continuación, se presentan los principales resultados que se han obtenido con patrones comerciales evaluados en Colombia, sus características y recomendaciones (tabla 2).

Tabla 2. Comportamiento de la lima ácida Tahití injertada en diferentes patrones, de acuerdo con resultados reportados en Colombia y otros países

Volkameriana	Cleopatra	Carrizo	CPB-4475	Kryder	Rubidoux	S×J	S×E	Volkameriana
Variables hortícolas								
Vigor	*****	****	**	****	***	***	**	***
Producción	****	**	**	***	**	***	***	***
Eficacia productiva	***	**	**	***	**	***	****	***
Estrés abiótico								
Déficit hídrico		***		***		*****		
Encharcamiento	***	*	**	****	***			
Salinidad	***	*****	*	****			****	****
Enfermedades								
CTV	T	-	T	T	$T_{1/2}$	$T_{1/2}$	R	R
Phytophthora	**	***	****	*****	****			

Símbolos: Bueno/alto (*****) a bajo/pobre (*); Resistente (R); Tolerante (T); Tolerancia media ($T_{1/2}$).
Fuente: Elaboración propia

Crecimiento vegetativo y producción

Limón Volkameriana

Este patrón (*Citrus volkameriana* Ten. & Pasq.) ha sido reportado como precoz, que presenta el inicio de su producción en el segundo año después del trasplante. Induce un alto vigor y productividad en diversos cultivares de cítricos, como en el caso de la naranja Valencia, en la que alcanzó el mayor registro de altura en el año 11, entre 12 portainjertos evaluados en Florida (Castle, Baldwin, Muraro, & Littell, 2010).

En condiciones del piedemonte del Meta, durante los primeros 9 de 12 años, también ocupó el primer lugar en volumen de copa con naranja Valencia (Chaparro-Zambrano, Velásquez & Orduz-Rodríguez, 2015); y lo mismo sucedió con pomelo Marsh y Ruby Red en Irán (Ramin & Alirezanezhad, 2005). Además del crecimiento vegetativo, estos mismos estudios encontraron promedios sobresalientes de rendimiento por árbol. Este patrón es tolerante al CTV, la exocortis y la xiloporosis, pero susceptible al declinio de los cítricos y a la gomosis.

En lima ácida Tahití se reporta un comportamiento similar. Este patrón fue evaluado en condiciones de Pereira, Risaralda (1.310 m s. n. m., temperatura media de 21,6 °C), con otros siete portainjertos, y ocupó el primer lugar en crecimiento vegetativo, con 4,88 m de altura y 140,49 m^3 de volumen de copa; aunque la eficiencia productiva fue intermedia, debido al gran tamaño de la copa, y la producción media fue 178,9 kg/árbol.

Estos resultados coinciden con lo reportado en Brasil, donde, entre 9 portainjertos, la selección Catania 2 de Volkameriana indujo el mayor vigor en copas de esta especie (De Figueiredo, Stuchi, Donadio, Sobrinho, Laranjeira, Pio, & Sempionato, 2002).

En Colombia, la lima ácida Tahití injertada sobre este patrón produce frutos de color verde claro, con poco grosor de cáscara (relacionado con la alta acumulación de unidades de calor anual en la zona productora), y un contenido

de jugo de medio a alto, fácil de extraer manualmente, lo que lo ha posicionado como los de mejor calidad para el mercado nacional.

En un proyecto ejecutado por AGROSAVIA en cinco localidades productoras de Colombia, se reportó que, en el octavo año después de su establecimiento, Volkameriana fue uno de los cuatro patrones con mayor rendimiento acumulado en cinco cosechas en todas las localidades, con una producción por planta igual a la de Carrizo, Citrumelo CPB 4475 y Kryder 15-3. En los cuatro portainjertos, la producción osciló entre 330 y 360 kg/planta (tabla 2) (información inédita, AGROSAVIA).

Cleopatra

Se ha reportado que este patrón (*Citrus reshni* Hort. ex Tanaka) tiene tendencia a la clorosis (en condiciones de Florida, EE. UU.), y un inicio de producción tardío, que se estabiliza después del décimo año (Castle, 1987; Castle et al., 2004).
En comparación con Volkameriana, la lima ácida Tahití injertada sobre este patrón ha mostrado una menor productividad (Valbuena, 1996), y se ha informado acerca de una incompatibilidad entre Cleopatra y Tahití (Moraes, Moreira, & Pereira, 2011). Sin embargo, Milla, Arizaleta y Díaz (2009) lo clasifican como el segundo de cuatro patrones con mejor respuesta en las condiciones del estado de Lara en Venezuela.

En Colombia, Quiroga-Cardona et al. (2010) señalan que, en condiciones del piedemonte del Meta (trópico bajo húmedo), se presenta una baja adaptación a la lima ácida Tahití, relacionada con la susceptibilidad a las razas locales del CTV. También se han observado ataques severos de *Phytophthora* sp. en la altillanura colombiana (cerca a Puerto Gaitán), lo que ocasionó mortalidad de las plantas seis años después del trasplante.

Cleopatra tiene una alta tolerancia a suelos salinos; moderada al frío, temporadas secas, suelos calcáreos, CTV, exocortis y declinio, y resistencia media a la gomosis. En los experimentos que se realizaron con este patrón en Palmira, El Espinal, Lebrija, Villavicencio y la zona bananera, el rendimiento acumulado fue intermedio, al igual que la producción por planta (información inédita, AGROSAVIA).

Debido a estos resultados, no se recomienda esta interacción copa-patrón en cultivos comerciales en los Llanos Orientales. Esta información coincide con informes de López y Cardona (2007) en Risaralda, en los que se menciona una incompatibilidad de este portainjerto con la lima ácida Tahití; allí las plantas presentaron poco vigor, hubo hojas cloróticas y la producción fue la menor entre ocho patrones evaluados.

Citrange Carrizo

Se trata de un híbrido intergenérico (*Citrus sinensis* × *Poncirus trifoliata* [L.]), tolerante al CTV y la xiloporosis; medianamente resistente a la gomosis (Feichtenberger, Rossetti, Pompeu, Teófilo-Sobrinho, & de Figueiredo, 1992); poco tolerante a suelos salinos y calcáreos; sensible a la exocortis, y muy susceptible a deficiencias de zinc y molibdeno, síntomas observados frecuentemente en las plantaciones (Castle & Gmitter, 1999; Stannard, 1973).

Así mismo, se ha reportado que Carrizo podría tener una baja eficiencia en la absorción de potasio o una alta tasa de translocación de este elemento de la hoja al fruto (Pérez-Zamora, 2005), y una baja sobrevivencia en condiciones de heladas y anegamiento.

Si bien se ha registrado un buen comportamiento con otras copas, como Clementina común en suelos ácidos, o eficiencias intermedias con Hamlin (Bowman & McCollum, 2006; Hussain, Curk, Anjum, Pailly, & Tison, 2013), en los experimentos en cinco localidades productoras de Colombia, en los cuales se evaluó la producción de las cosechas de 5 años (8 años de evaluación), este patrón presentó los mayores promedios de rendimientos acumulados en todas las localidades, al mismo nivel que Volkameriana, Citrumelo CPB 4475 y Kryder 15-3 (información inédita, AGROSAVIA).

Citrumelo CPB 4475 o Citrumelo Swingle

Se ha reportado que este trifoliado (*Citrus paradisi* Macfad. cv. Duncan × *Poncirus trifoliata* [L.] Raf.) es tolerante al CTV, la xiloporosis, la exocortis y el

declinio; resistente a la gomosis; moderadamente resistente a sequías, heladas y salinidad, pero con un pobre comportamiento en suelos mal drenados y calizos, que provocan síntomas de clorosis férrica que afecta hojas y frutos.

Se ha encontrado que, en comparación con patrones Citrange, induce un mejor comportamiento productivo en Clementina y Clemenules (Joublan & Cordero, 2002; Pozo, 2005); presenta alto vigor en pomelos y menor en naranja Valencia, aunque tiene una mayor eficiencia productiva que Volkameriana (Monteverde et al., 1996).

En el ensayo realizado en Risaralda con copa de lima ácida Tahití, se ubicó en sexto lugar entre ocho patrones, tanto en altura como en volumen de copa, con un bajo porte de árbol; ocupó el mismo puesto en la variable productiva, con un promedio de 39 kg/árbol, mientras que la eficiencia productiva fue de media a baja.

No obstante, en las cinco localidades evaluadas con lima ácida Tahití, este patrón presentó los mayores rendimientos acumulados, al mismo nivel de Volkameriana, Carrizo y Kryder 15-3, y mostró un comportamiento sobresaliente en el CI Nataima (El Espinal, Tolima).

Asimismo, la calidad externa de la fruta producida por este patrón es mejor que la de Volkameriana en lo que respecta al mercado de exportación, en especial para Europa (información inédita, AGROSAVIA). Dado su buen comportamiento, este patrón está siendo utilizado en el estado de Veracruz (México) para la producción de lima ácida Tahití con fines de exportación.

Kryder 15-3

Es una selección de su especie (*Poncirus trifoliata* [L.] Raf.) que induce un bajo porte y se reporta como tolerante al CTV, la xiloporosis y la gomosis; es resistente al frío, pero sensible a suelos salinos, y su sobrevivencia es de media a baja en condiciones de heladas y anegamiento (Yelenosky, Brown, & Hearn, 1973). En Córcega (Francia), se han registrado promedios productivos intermedios con Clementina común (Hussain et al., 2013).

En Palmira, entre un total de 8 portainjertos, con este patrón se reportan volumen de copa y altura de planta de mandarina y naranja intermedios (Vásquez, 2014). En el piedemonte del Meta, entre 6 portainjertos, indujo un porte intermedio en el volumen de la copa y la altura de lima ácida Tahití (Chaparro-Zambrano et al., 2013), mientras que fue el segundo patrón con menor producción acumulada. Por lo tanto, su eficiencia productiva fue de media a baja, pero superior a la de Carrizo, lo que lo convierte en una opción para el establecimiento en mayores densidades de plantación.

El género *Poncirus* tiene dos grupos genéticos (Yahmed et al., 2016). En el primero se encuentran materiales conocidos como Kryder, Pomeroy y Rich 12-2, que son más sensibles al déficit hídrico que aquellos del segundo, entre los cuales están Rubidoux, Jacobson, Flying Dragon y Rich 22-2. De acuerdo con Yahmed et al. (2015), estos materiales podrían ser usados en programas de mejoramiento, para la selección de genotipos con mejor tolerancia a ese factor limitante.

El portainjerto Kryder 15-3 presentó un rendimiento acumulado similar al de Volkameriana y Citrumelo CPB 4475 durante cinco cosechas, en igual número de localidades productoras de lima ácida Tahití en Colombia (Valle del Cauca, Tolima, Santander, piedemonte del Meta y zona bananera en el Magdalena).

Su comportamiento fue sobresaliente en el CI Nataima, pues alcanzó una producción acumulada de 643 kg/planta, mientras que en las localidades restantes la producción acumulada promedio estuvo en el rango de 330 a 355 kg/planta (información inédita, AGROSAVIA).

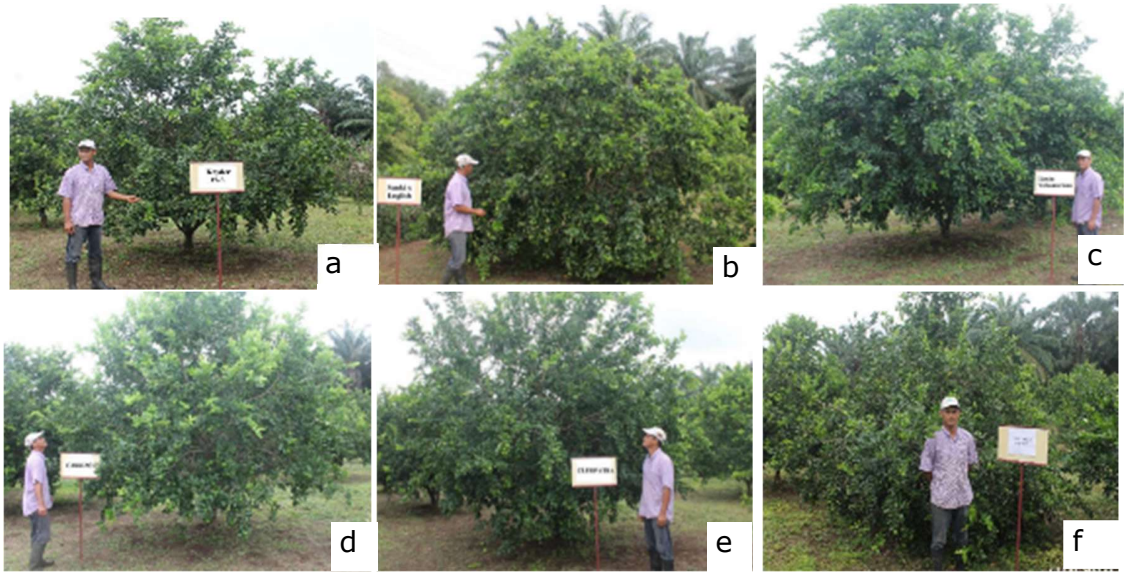
La principal ventaja que se ha encontrado en los experimentos con este patrón es que presenta una copa abierta, que le permite una mejor distribución y entrada de radiación a lo largo del dosel, por lo que los frutos alcanzan un color verde intenso, con el menor porcentaje de golpe de sombra registrado, y gastos de poda reducidos en comparación con los otros patrones evaluados.

En términos generales, los resultados obtenidos a la fecha señalan que la mejor coloración se obtiene en las regiones con mayor radiación, como Lebrija y Palmira, y que disminuye en aquellas con mayor nubosidad, como los Llanos Orientales.

Sunki × Jacobson (S×J) y Sunki × English (S×E)

Estos patrones (*Citrus sunki* Hort. ex Tan. × *Poncirus trifoliata* [L.] Raf.) inducen un porte medio en las copas, son resistentes a la gomosis, y susceptibles a la exocortis y a los suelos salinos.

En el piedemonte del Meta, la lima ácida Tahití injertada en los materiales Sunki reporta la mayor altura de planta. S×E ocupa el primer lugar en volumen de copa, mientras que en S×J es intermedio (figura 22); así, la eficiencia productiva es mayor en S×J (la mejor entre 6 patrones) que en S×E. Chaparro-Zambrano et al. (2013) reportan que, 11 años después de establecido, S×E tuvo el mayor porcentaje de sobrevivencia ante el CTV, por lo cual también se recomienda para esta región.



Fotos: Javier Orlando Orduz-Rodríguez

Figura 22. Vigor de plantas de lima ácida Tahití injertadas sobre seis portainjertos, en el sexto año de establecimiento en el piedemonte del Meta. a. Kryder 15-3; b. Sunki × English; c. Limón Volkameriana; d. Carrizo; e. Cleopatra; f. Citrumelo Swingle. Obsérvese la forma de la copa del patrón Kryder 15-3, que permite una mejor distribución de la radiación en su parte interna.

En el trabajo de investigación iniciado en 2009 y finalizado en 2017, S×E fue el patrón que presentó el rendimiento más alto en el piedemonte del Meta (aunque sin diferencia estadística con los demás), al igual que en Lebrija (Santander) y la zona bananera (Magdalena), pero contrario a lo registrado en Palmira y El Espinal, donde los rendimientos y el crecimiento fueron bajos.

La información obtenida muestra una buena adaptación de este patrón a las condiciones de suelos ácidos, como los de los Llanos y Lebrija, pero deficiente en los valles interandinos. En El Espinal, presentó poca adaptación, pues indujo que las plantas tuvieran menor tamaño y rendimiento.

Calidad del fruto

La calidad del fruto es determinada por el mercado. Fuera del país (especialmente en Europa, Japón y Corea), el criterio de selección del fruto de la lima ácida Tahití se concentra en su apariencia, y se prefiere que sea de un verde intenso y uniforme, para que refleje frescura, debido a que en Europa se destina a la coctelería, y en los países asiáticos a la decoración. Por otro lado, los consumidores en Colombia buscan frutos con un alto contenido de jugo, y les dan poca importancia a las características externas (Arévalo, Coronado, & Orduz-Rodríguez, 2017; Bassan et al., 2016).

Por consiguiente, el mercado de destino orientará las decisiones del productor, en lo que se refiere a la selección del material vegetal (como se señaló anteriormente, ya que la interacción copa-patrón tiene una influencia importante en las características hortícolas del cultivo); la escogencia del lugar definitivo en el que se va a establecer el sistema productivo (variables climáticas y edáficas), la nutrición de las plantas, y las prácticas de poda.

Diversos reportes han indicado que el uso de patrones de mandarina Cleopatra induce frutos pequeños en plantas de edad avanzada, mientras que la calidad de aquellos injertados en Volkameriana es media, con un color de cáscara pálido y textura rugosa, aunque de buen tamaño (López & Cardona, 2007). Valbuena (1996) reportó que los frutos de lima ácida Tahití de plantas injertadas sobre Volkameriana tienen una mayor resistencia en poscosecha que aquellos injertados en Cleopatra.

El departamento del Tolima es el principal productor de lima ácida Tahití en el país. Según la información de la base de datos Legiscomex, el mayor volumen exportado proviene de esta región, y tiene como destino Estados Unidos. Por esta razón, Arévalo et al. (2017) realizaron un análisis de calidad de frutos de esta especie Tahití sobre 6 portainjertos, provenientes de El Espinal, Tolima (CI Nataima), para identificar el cumplimiento de los estándares para exportación, en diferentes tiempos de cosecha.

De acuerdo con sus resultados, S × E, Volkameriana, Carrizo, Cleopatra y Citrumelo cumplen con la norma de exportación hasta 30 días después de ser cosechados (ddc) y almacenados en bodega sin refrigeración, en condiciones ambientales de Bogotá. Por su parte, Kryder 15-3 puede conservar sus características hasta los 45 ddc, lo que lo convierte en un patrón con potencial para el desarrollo de mercados diferenciados.

El ensayo establecido por AGROSAVIA en tres localidades productoras: Tolima, Santander y el piedemonte del Meta (información inédita, AGROSAVIA), revela la ausencia de diferencias estadísticas entre patrones en el matiz *h* (indicador del color) de los frutos, aunque hay una tendencia a obtener valores más altos de tonalidad en Lebrija, en comparación con El Espinal y Villavicencio.

Respecto a la intensidad del color, se reporta una tendencia al alza con Citrumelo en Lebrija, mientras que con los demás patrones El Espinal presentó promedios levemente mayores. Aunque hubo una alta variabilidad entre los datos, estos resultados concuerdan con los entregados por Stuchi, Martins, Lemo y Cantuarias (2009), quienes señalaron no haber encontrado diferencias de color significativas en frutos de lima ácida Tahití al evaluar la influencia de 12 patrones.

Lo anterior podría sugerir que el efecto de los patrones en la calidad de los frutos de esta especie no es tan marcado como en otros cítricos. Para futuros trabajos de investigación, se sugiere también ajustar la época de cosecha y la forma de muestreo, con el fin de afinar los resultados, puesto que la calidad del fruto puede cambiar según su ubicación en la planta.

Otro resultado de la observación realizada en los ensayos es que los patrones que tienen racimos con un alto número de frutos por racimo presentan sombreado en los frutos y, por consiguiente, son de menor calidad, para los estándares de exportación. Es el caso de S×E en el CI La Libertad, o Volkameriana en la mayoría de las localidades, mientras que Kryder 15-3 genera una mejor distribución de frutos y una copa más abierta, lo que resulta en frutos de buena calidad para el mercado externo. A pesar de esto, los patrones que inducen alta eficiencia (aunque presenten algún porcentaje de sombreado en el fruto) pueden ser seleccionados para el mercado nacional, en el que la característica más importante para el consumidor es el contenido de jugo.

La selección del patrón es un paso fundamental en el establecimiento de cultivos de lima ácida Tahití. Históricamente, los productores han utilizado Volkameriana, debido a su precocidad, rendimiento y calidad de los frutos, adecuados para el mercado interno y la exportación a Estados Unidos (para el mercado latino).

Como desventaja se ha indicado que es susceptible a *Phytophthora* sp. Aun así, los resultados señalan su buen comportamiento en Santander, los Llanos Orientales, el Valle del Cauca, el Tolima y la costa atlántica; además del reporte experimental, en el que indujo la mejor producción en la zona cafetera.

Por su parte, los patrones Citrumelo CPB 4475, Carrizo y Kryder 15-3 son una alternativa para los cultivos de lima ácida Tahití en Colombia, ya que la precocidad y el rendimiento acumulado en lima con estos patrones fueron similares a los de Volkameriana, y su tolerancia a *Phytophthora* sp. es mayor.
Los frutos con mejor calidad externa fueron obtenidos con la combinación de lima ácida Tahití y Kryder 15-3. Sunki × English puede recomendarse para el piedemonte llanero en el establecimiento de cultivos orientados al mercado interno, pues presenta una buena adaptación a los suelos ácidos y a las condiciones ambientales de esa región.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a los investigadores de Agrosavia en los Centros de Investigación de Caribia, Nataima, La Suiza y Palmira: César Baquero, Luis Enrique Ramírez, Jairo López González, Mauricio Martínez y Nubia Murcia; así como a las investigadoras María Cristina García, de poscosecha, y a Mónica Betancourt, de fitopatología. En el Centro de Investigación La Libertad, se agradece a Carolina Pisco, Heberth Velásquez y Alfredo Pardo.

Referencias

Arévalo, P., Coronado, A., & Orduz-Rodríguez, J. (2017). Caracterización físico-química en poscosecha en diferentes materiales de lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) para exportación. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *10*(2), 241-251.

Bassan, M., Mourão-Filho, F., Alves, F., Bezerra, D., Couto, H., & Jacomino, A. (2016). Beneficiamento pós-colheita de lima ácida "Tahiti" afeta sua qualidade e conservação. *Ciência Rural*, *46*(1), 184-190.

Beltrán, J. (2012). *Evaluación de patrones para lima Tahití (*Citrus latifolia *Tanaka) frente a Citrus tristeza virus (CTV)* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Berdeja-Arbeu, R., Villegas-Monter, A., Ruiz-Posadas, L., Sahagún-Castellanos, J., & Colinas-León, M. (2010). Interacción lima persa-portainjertos: efecto en características estomáticas de hoja y vigor de árboles. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, *16*(2), 91-97.

Bitters, W. (1972). Reaction of some new citrus hybrids and citrus introductions as rootstocks to inoculations with tristeza in California. En *Proceedings of the 5th Conference of the International Organization of Citrus Virologists (IOCV)* (pp. 112-120). Gainsville, EE. UU: IOCV.

Bowman, K., & McCollum, G. (2006). Performance of "Hamlin" orange trees on 14 rootstocks in central Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, *119*, 124-127.

Castle, W., Baldwin, J., Muraro, R., & Littell, R. (2010). Performance of "Valencia" sweet orange trees on 12 rootstocks at two locations and an economic interpretation as a basis for rootstock selection. *Horticultural Science*, *45*(4), 523-533.

Castle, W., & Gmitter, F. (1999). Rootstock and scion selection. En L. W. Timmer & L. W. Duncan (Eds.). *Citrus: health management* (pp. 21-34). Saint Paul, EE. UU.: The American Phytopathological Society.

Castle, W., Grosser, J., Gmitter, F., Schnell, R., Ayala-Silva, T., Crane, J., & Bowman, K. (2004). Evaluation of new citrus rootstocks for "Tahiti" lime production in southern Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 117*, 174-181.

Castle, W. S. (1987). Citrus rootstocks. En R. C. Rom & R. F. Carlson (Eds.). *Rootstocks for fruit crops* (pp. 361-369). Nueva York, EE. UU.: Wiley & Sons.

Chaparro-Zambrano, H., Velásquez, H., & Orduz-Rodríguez, J. (2013). Influencia del virus de la tristeza de los cítricos (CTV) en el comportamiento de la lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) injertada sobre seis patrones en el piedemonte llanero de Colombia (1997-2008). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *14*(1), 33-38.

Chaparro-Zambrano, H., Velásquez, H., & Orduz-Rodríguez, J. (2015). Performance of "Valencia" sweet orange grafted in different rootstocks, Colombia Tropical Lowland. 2001-2013. *Agronomía Colombiana*, *33*(1), 43-48.

Connell, J., & Catlin, P. (1994). Root physiology and rootstock characteristics. En G. Sibbett & L. Ferguson (Eds.). *Olive Production Manual* (pp. 39-48). Oakland, EE. UU.: Universidad de California.

De Figueiredo, J., Stuchi, E., Donadio, L., Sobrinho, J., Laranjeira, F., Pio, R., & Sempionato, O. (2002). Porta-enxertos para a lima-ácida "Tahití" na região de Bebedouro, SP. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *24*(1), 155-159.

Dorado, D. (2011). *Influencia del riego y la fertilización en el rendimiento y calidad de lima ácida Tahití (*Citrus latifolia *Tanaka)* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.

Feichtenberger, E., Rossetti, V., Pompeu J., Teófilo-Sobrinho, J., & de Figueiredo, J. (1992). Evaluation of tolerance to *Phytophthora* species in scion rootstock combinations of citrus in Brazil: a review. *Proceedings of the International Society of Citriculture*, *2*, 854-858.

Hernández, D., Mateus, D., & Orduz-Rodríguez, J. (2015). Características climáticas y balance hídrico de la lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) en cinco localidades productoras de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *8*(2), 217-229.

Hussain, S., Curk, F., Anjum, M., Pailly, O., & Tison, G. (2013). Performance evaluation of common clementine on various citrus rootstocks. *Scientia Horticulturae*, *150*, 278-282.

Jaramillo, C. (1984). Patrones para cítricos: experiencias con patrones en Colombia. En L. Becerra (Ed.). *Fruticultura tropical*. Bogotá, Colombia: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC).

Joublan, J., & Cordero, N. (2002). Comportamiento de algunos cítricos sobre diferentes portainjertos, en su tercera temporada de crecimiento, Quillón, VIII Región, Chile. *Agricultura Técnica (Chile)*, *62*(3), 469-479.

Jover, S., Martínez-Alcántara, B., Rodríguez-Gamir, J., Legaz, F., Primo-Millo, E., Forner, J., & Forner-Giner, M. (2012). Influence of rootstocks on photosynthesis in navel orange leaves: effects on growth, yield, and carbohydrate distribution. *Crop Science*, *52*(2), 836-848.

López, J., & Cardona, J. (2007). *Evaluación de portainjertos de cítricos en la zona central cafetera de Colombia.* Chinchiná, Colombia: Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).

Mateus, D., Pulido, X., Gutiérrez, A., & Orduz-Rodríguez, J. (2010). Evaluación económica de la producción de cítricos cultivados en el piedemonte del departamento del Meta durante 12 años. *Orinoquia*, *14*(1), 16-26.

Milla, D., Arizaleta, M., & Díaz, L. (2009). Crecimiento del limero "Tahití" (*Citrus latifolia* Tan.) y desarrollo del fruto sobre cuatro portainjertos en un huerto frutal ubicado en el municipio Palavecino, estado Lara, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, *9*(1), 85-95.

Monteverde, E., Laborem, J., Ruiz, M., Espinoza, M., & Guerra, C. (1996). Evaluación del naranjo Valencia sobre siete portainjertos en los Valles Altos de Carabobo - Yaracuy, Venezuela. 1984-91. *Agronomía Tropical*, *46*(4), 371-393.

Moraes, L., Moreira, A., & Pereira, J. (2011). Incompatibility of "Cleopatra" mandarin rootstock for grafting citrus in Central Amazon, State of Amazonas, Brazil. *Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, *54*(3), 299-306.

Morinaga, K., & Ikeda, F. (1990). The effects of several rootstocks on photosynthesis, distribution of photosynthetic products, and growth of young Satsuma mandarin trees. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, *59*(1), 29-34.

Pérez-Zamora, O. (2005). Concentración nutrimental en hojas de naranjo Valencia injertado en portainjertos de cítricos. *Terra Latinoamericana*, *23*(1), 39-47.

Pozo, F. J. (2005). Efecto de los portainjertos citrange Troyer y citrumelo Swingle sobre la producción y calidad de fruta de clemenules (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Quiroga-Cardona, J., Hernández-Parrado, F., Silva-Herrera, M., & Orduz-Rodríguez, J. (2010). Comportamiento de la producción de lima Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka), injertada sobre el patrón de mandarina Cleopatra (*Citrus reticulata* Blanco) y la influencia del virus de la tristeza (CTV) en condiciones del piedemonte del Meta, 1997-2008. *Orinoquia*, *14*(1), 5-15.

Ramin, A., & Alirezanezhad, A. (2005). Effects of citrus rootstocks on fruit yield and quality of Ruby Red and Marsh grapefruit. *Fruits*, *60*(5), 311-317.

Rodríguez-Gamir, J., Primo-Millo, E., Forner, J., & Forner-Giner, M. (2010). Citrus rootstock responses to water stress. *Scientia Horticulturae*, *126*(2), 95-102.

Stannard, M. (1973). Citrus rootstocks in Australia. *International Citrus Congress*. Valencia, España: International Society of Citriculture.

Stuchi, E., Martins, A., Lemo, R., & Cantuarias, T. (2009). Fruit quality of "Tahiti" lime (*Citrus latifolia* Tanaka) grafted on twelve different rootstocks. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *31*(2), 454-460.

Syvertsen, J., & Graham, H. (1985). Hydraulic conductivity of roots, mineral nutrition and leaf gas exchange of citrus rootstocks. *Journal of the American Society Horticultural Science*, *110*, 865-869.

Valbuena, M. (1996). Evaluación del limón Volkameriano (*Citrus volkameriana* Pasq.) y mandarina Cleopatra (*Citrus reshni* Hort.) como patrones de la lima Persa (*Citrus latifolia* Tan.) en la cuenca media del río Guasare, Sierra de Perijá. Estado Zulia. Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, *13*(2), 139-151.

Vásquez, H. (2014). Evaluación de Poncirus trifoliata var. monstruosa Flying Dragon como portainjerto enanizante para naranja y mandarina comparado con otros patrones (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.

Yahmed, J., Costantino, G., Amiel, P., Talon, M., Ollitrault, P., Morillon, R., & Luro, F. (2016). Diversity in the trifoliate orange taxon reveals two main genetic groups marked by specific morphological traits and water deficit tolerance properties. *The Journal of Agricultural Science*, *154*(3), 495-514.

Yahmed, J., Costantino, G., Mimoun, M., Talon, M., Ollitrault, P., Morillon, R., & Luro, F. (2015). Characterization of water deficit tolerance of *Poncirus trifoliata* genotypes related to diversity. *Acta Horticulturae*, *1065*, 1379-1384.

Yelenosky, G., Brown, R., & Hearn, C. (1973). Tolerance of trifoliate orange selections and hybrids to freezes and flooding. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 86*, 99-104.

Wutscher, H., & Bistline, F. (1988). Performance of Hamlin orange on 30 citrus rootstocks in Southern Florida. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *113*, 493-497.

Capítulo V
Manejo del recurso suelo en huertos de lima ácida Tahití

Liliana Ríos-Rojas y Clever Becerra Romero

En los estudios más recientes sobre el desarrollo del suelo, la tendencia generalizada hace énfasis en el hecho de que los suelos son sistemas abiertos, en los cuales operan determinados procesos. Muchos de estos procesos son complejos, desde el punto de vista de los cambios químicos, físicos y biológicos involucrados (Greenland & Hayes, 1981).

El suelo es un almacén de agua y nutrientes, y de sus características imperantes dependerá la adaptación de la planta al sitio. Existen procesos de formación rápidos, provenientes de la interacción entre el suelo y el clima.

Los procesos de remoción o movimiento del suelo en distancias cortas o largas son necesarios para la formación del relieve, y se les llama erosión *natural*. Se denominan de formación *aluvial* cuando el material es transportado por las corrientes desde los lechos de los ríos, y *coluvial* cuando los materiales proceden de las montañas (laderas).

Cuando la erosión sucede a causa de la intervención del hombre, por acciones como deforestación, agricultura, expansión de áreas urbanas, proyectos de ingeniería y muchas prácticas de uso y manejo del suelo, se denomina erosión *antrópica*, modalidad que implica impactos negativos a los ecosistemas (Escobar & Duque, 2016). Por supuesto, esta no es una situación ideal, por lo cual la erosión debe ser prevenida y controlada.

Situaciones como la erosión hídrica, la erosión eólica y la compactación son elementos que se deben tener en cuenta en el manejo de los huertos citrícolas. Ignorar los factores que se consideran de riesgo para la conservación del suelo en la producción agrícola desencadena daños ambientales, económicos e incluso

pérdidas humanas, en casos extremos (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] & Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales [UDCA], 2015).

En este capítulo se considerarán los factores que ya se han mencionado como riesgos potenciales de degradación del suelo en un cultivo de lima ácida Tahití, el cual por sí mismo posee un factor de vulnerabilidad importante, por ser un sistema intervenido, expuesto a amenazas constantes, como el manejo y la climatología. Disminuir el riesgo de degradación del suelo dependerá entonces de hacer un buen uso y manejo, así como de minimizar o evitar la exposición a los factores de amenaza.

La erosión hídrica consiste en el desprendimiento, transporte y depósito de los materiales sueltos de la superficie terrestre por la acción del agua, con la contribución de la gravedad, que actúa como fuerza direccional selectiva (Escobar & Duque, 2016). Los procesos de erosión por escorrentía de las aguas lluvias moldean laderas y taludes, y suceden en equilibrio cuando la vegetación es natural.

Por otra parte, la erosión causada por corrientes hídricas superficiales ocurre cuando se moviliza y desaloja suelo del cauce, generando erosión lateral y socavación del fondo (Escobar & Duque, 2016). La situación es especialmente grave cuando aumenta el caudal, la cobertura vegetal protectora ha sido removida y los suelos aledaños a las corrientes están desnudos. La erosión hídrica representa un problema importante, ya que el flujo (agua + partículas) arrastra los nutrientes, la materia orgánica y los organismos que enriquecen el suelo.

Atlántico

De acuerdo con el Plan Frutícola Nacional (PFN) (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2006), el área proyectada para producir lima ácida Tahití en el departamento del Atlántico está compuesta por los municipios de Luruaco, Santo Tomás, Palmar de Varela y Polonuevo.

Como se puede observar en el mapa de erosión del departamento (figura 23), en el núcleo formado por Santo Tomás, Palmar de Varela y Polonuevo, la clase más importante de erosión es la laminar, con un grado de ligero a moderado (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] & Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2015), que en esta zona es provocada por el desborde de corrientes y el efecto de los vientos. Estos suelos siempre serán vulnerables a ser erosionados por los fuertes vientos, influenciados por las brisas marinas.

Por otro lado, en Luruaco, la presencia de quebradas y la agricultura generan procesos de erosión más importantes, y llega a ser severa.

En relación con este tipo de proceso de erosión, es recomendable no eliminar la cobertura vegetal, pues, dada la característica de suelos sueltos (texturas arenosas y franco-arenosas), la eliminación total de arvenses en las calles del huerto aumenta la vulnerabilidad a la pérdida de suelos por efecto del viento y el agua.

En los municipios productores de lima ácida Tahití en el Atlántico predominan pendientes que no superan el 12 %, con un suelo de orden taxonómico de entisoles e inceptisoles, y clases texturales que van de arenosas a franco-arenosas. Estas características de suelos predominantes en las zonas productoras indican una alta susceptibilidad a la degradación por proceso de erosión.

Al respecto, las recomendaciones más importantes son evitar la tala del bosque protector en la cuenca y en la zona productora de agua, que en la mayoría de los casos es considerada de protección, y mantener las coberturas vegetales nobles sobre las calles de cultivo, ya que otorgan un factor amortiguador de la pérdida de suelo.

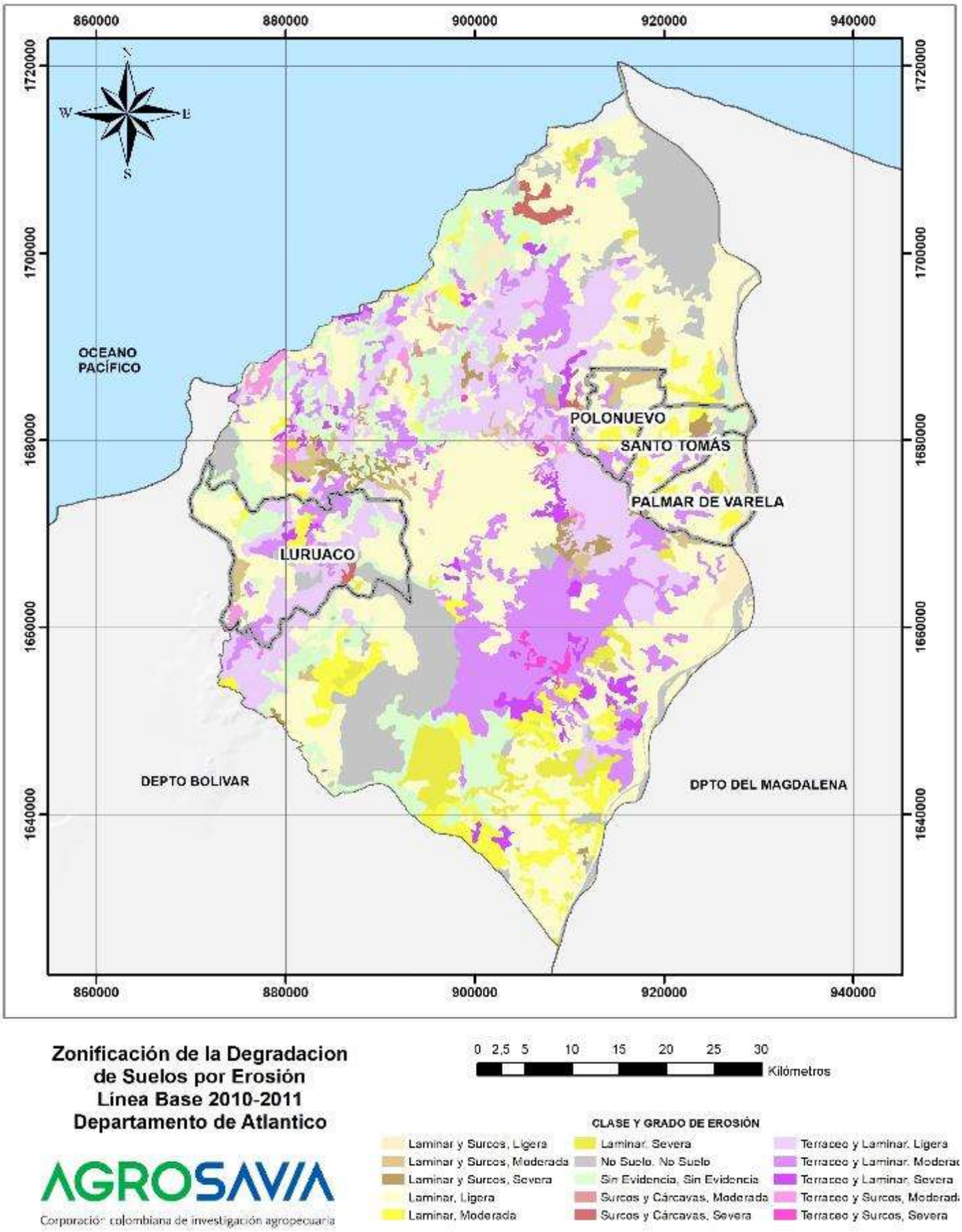


Figura 23. Erosión del suelo en el departamento del Atlántico.

Fuente: Elaboración propia

Nariño

En el caso del departamento de Nariño, la erosión presente en los municipios reportados como productores se da en dos procesos: uno laminar, y otro que consiste en surcos que se conjugan para llegar a un grado de erosión severa en una gran parte del área (figura 24).

Las zonas productoras de lima ácida Tahití en Nariño se caracterizan por suelos de orden taxonómico de molisoles, inceptisoles y andisoles, con predominio de texturas arcillo-limosas, franco-arenosas y franco-arcillo-arenosas, y pendientes que van del 12 % al 75 %.

En estas condiciones de oferta edáfica, se observa una alta influencia de la pendiente en los procesos de erosión (en surcos), lo cual indica que es uno de los principales factores que tienen una relación muy estrecha con los procesos de degradación de suelos por erosión, además de las prácticas de manejo de cultivos, y la eliminación de coberturas forestales y de porte bajo (arbustos y hierbas).

Ahora bien, teniendo en cuenta el tipo de relieve, entre las prácticas más recomendadas se encuentran las obras en terrazas en la instalación del huerto, que disminuyen el efecto erosivo por escorrentía superficial. Asimismo, se sugiere usar barreras vivas cortaflujo en el borde de la terraza, y conservar o instalar revestimientos vegetales que generen cobertura orgánica (*mulch*).

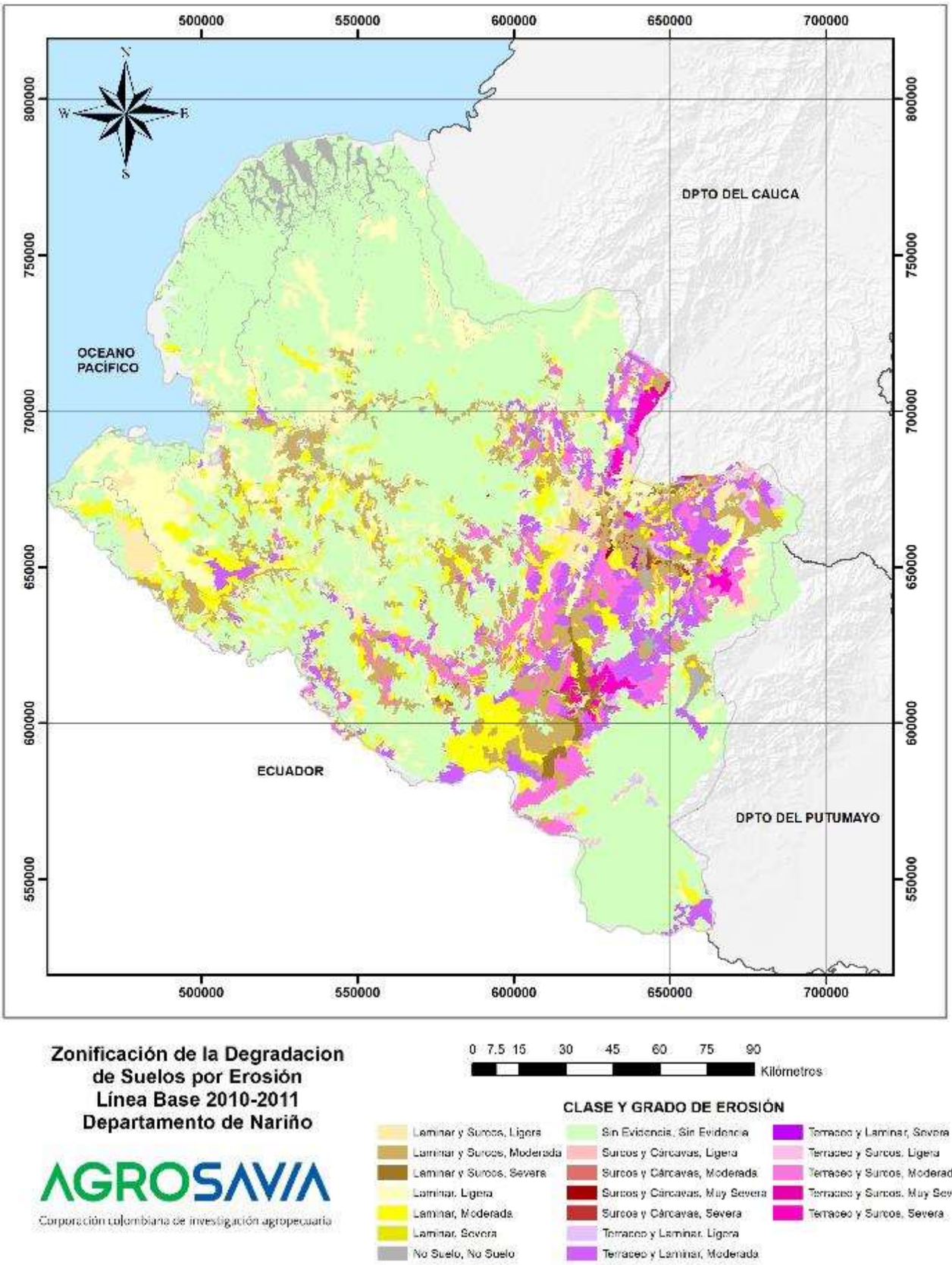


Figura 24. Erosión del suelo en el departamento de Nariño.
Fuente: Elaboración propia

Santander

La erosión en la zona productora de lima ácida Tahití en el departamento de Santander (figura 25) pasa de ser ligera, laminar y en surcos, a ser muy severa, en surcos y cárcavas. Esta degradación del suelo responde a su vulnerabilidad intrínseca, causada por la pendiente y los materiales que lo constituyen, con presencia de arenas, gravas y material parental de poca profundidad.

Estos suelos son altamente vulnerables a la erosión hídrica en surcos. Por tal razón, la opción más viable para evitarla es la reserva de zonas de amortiguación, como ya se mencionó, mediante la preservación de la cobertura natural de los retiros de las corrientes y la conservación o instalación de cobertura vegetal en las calles y las terrazas.

Además, debe tenerse en cuenta que estos suelos son incapaces de soportar una carga por mecanización o laboreo intensivo. De igual manera, no se recomienda la instalación de huertos perennes en pendientes superiores al 45 %.

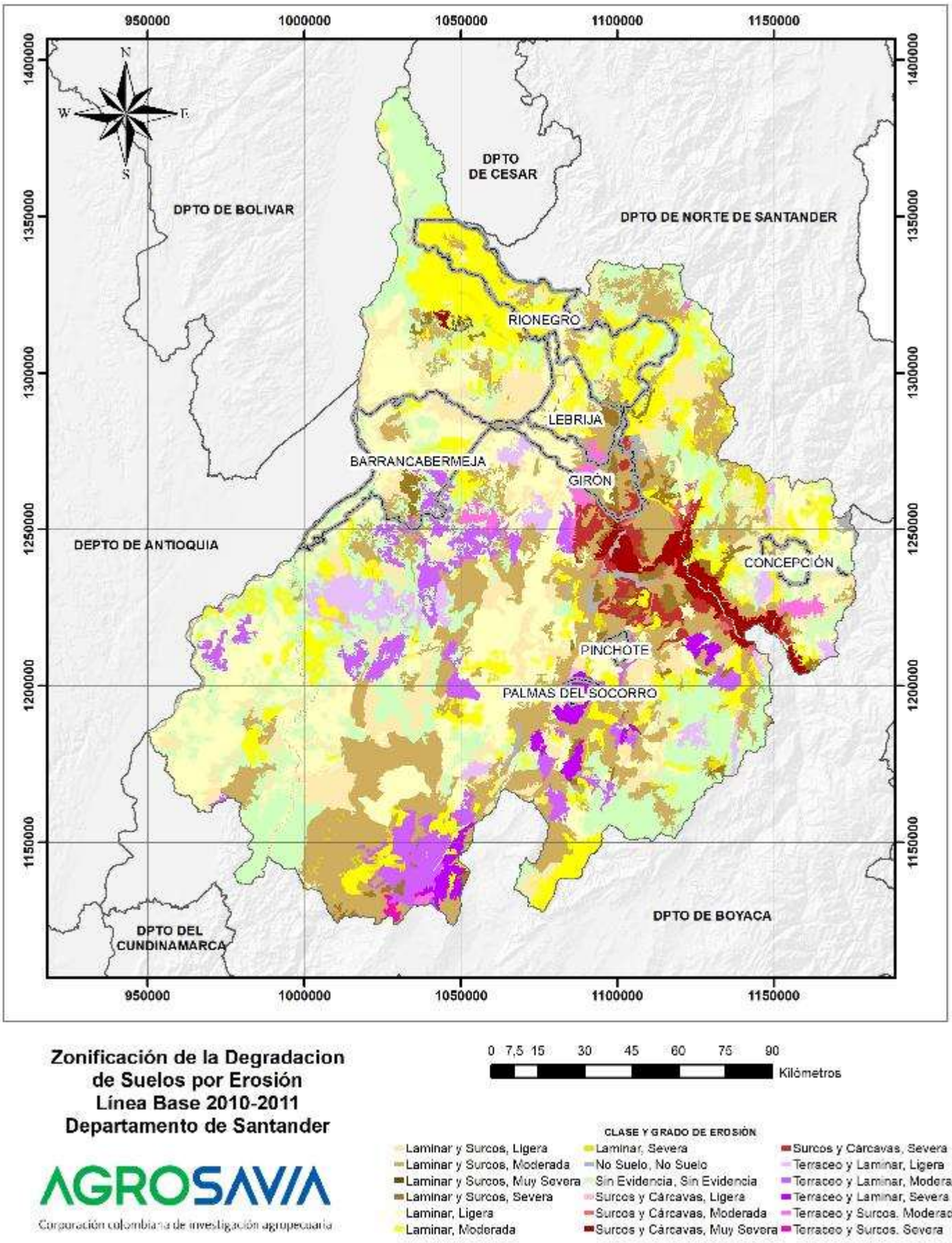


Figura 25. Erosión del suelo en el departamento de Santander.
Fuente: Elaboración propia

Tolima

En el departamento del Tolima, la erosión presente en la zona productora de lima ácida Tahití corresponde, en gran medida, al área donde antes se encontraba el cultivo de arroz. Acciones como la mecanización y el riego por inundación tienen como resultado una baja capacidad de desarrollo de cobertura vegetal, lo que deja el suelo expuesto al efecto del viento y la escorrentía.

En los huertos instalados en los municipios productores del Tolima, predomina la erosión laminar en el sector del valle, y la erosión severa en surcos en la zona del piedemonte (figura 26). En ambos casos, la presencia de suelos arenosos causa vulnerabilidad frente a los procesos de erosión, y el déficit hídrico, que está presente durante la mayor parte del año como consecuencia de la pérdida de cobertura, expone el suelo a la acción del viento y la escorrentía. Una actividad básica que se debe considerar en los huertos productores es mantener la cobertura vegetal en las calles, lo que se logra aportando agua en periodos secos.

En el área de este departamento más cercana al río Magdalena, en la zona mecanizada para el cultivo de arroz, en los primeros 40 cm de profundidad existe una capa endurecida y carbonatada, que constituye un horizonte impermeable que bloquea la percolación del agua.

Esta capa tiene dos efectos: el primero es potenciado por el acceso rápido del agua al suelo, que se va acumulando (una especie de llenado) en esos 40 cm, ocasionando problemas de encharcamiento temporal en la zona radical, aún más si se aplican excesos de riego; el segundo consiste precisamente en el almacenamiento del agua, que impide que se introduzca en horizontes más profundos.

En términos prácticos, esta capa no debe ser fracturada, ya que favorece el mantenimiento de la humedad de manera temporal; todavía más, si se tiene en cuenta que el estrato que sigue a esos 40 cm posee materiales gruesos, sobre todo gravas.

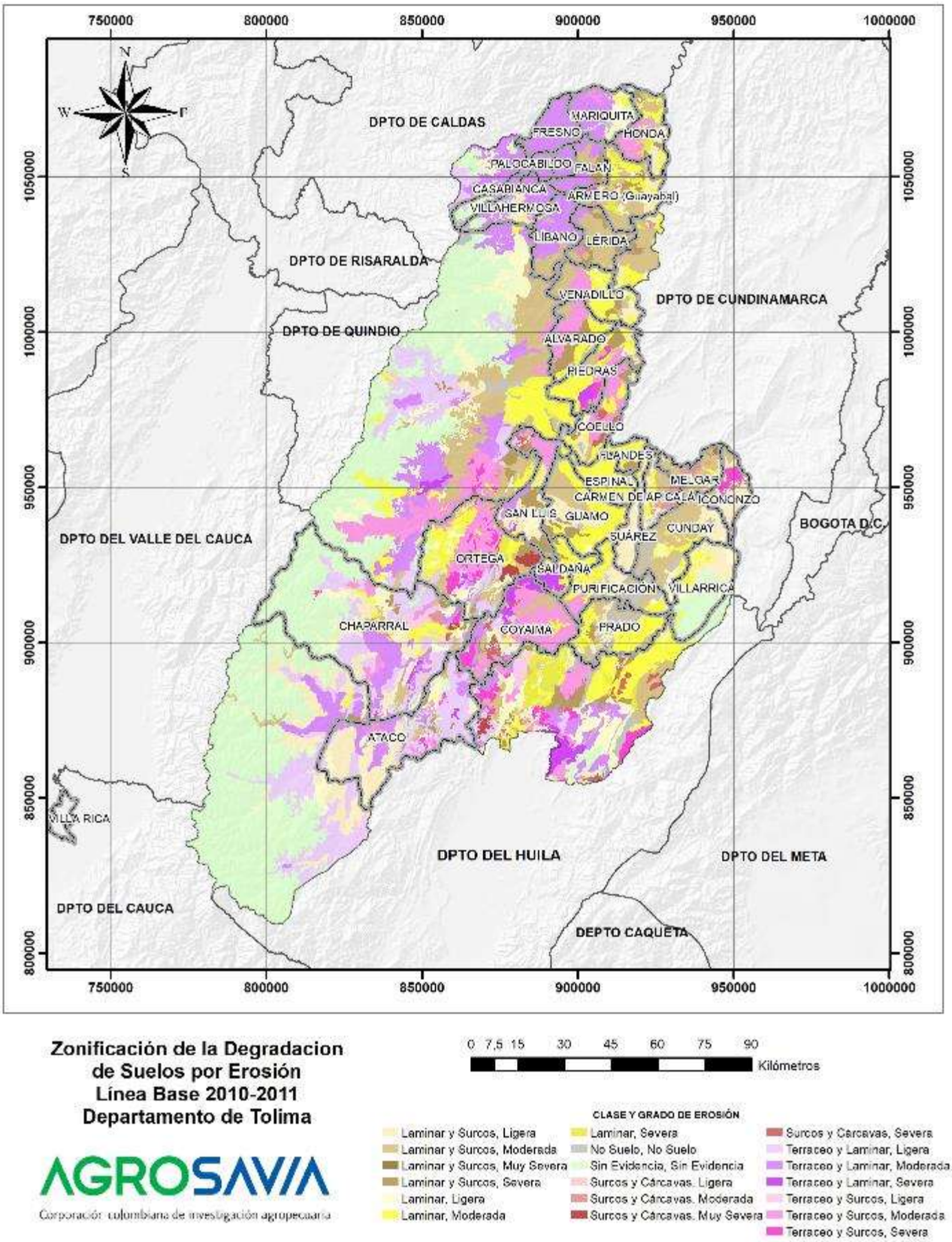


Figura 26. Erosión del suelo en el departamento del Tolima.
Fuente: Elaboración propia

Valle del Cauca

En el departamento del Valle del Cauca (figura 27), la zona plana presenta el mayor potencial para el cultivo de lima ácida Tahití, y es donde se presentan procesos de erosión laminar severa, que se debe al intenso laboreo de los suelos, principalmente por el monocultivo de caña de azúcar y la salinización del suelo. En el área de ladera y el piedemonte predomina la erosión ocasionada por la eliminación de la cobertura vegetal, que expone el suelo a pérdida por escorrentía.

Para el caso de los huertos citrícolas, mantener la cobertura en las calles permite proteger el suelo de la erosión hídrica y eólica. Cuando predominan los suelos arcillosos, que pierden estructura y se compactan rápidamente, es necesario que se evite la carga por laboreo con maquinaria pesada dentro del cultivo.

Una práctica adecuada para los suelos de la zona plana del Valle del Cauca destinados a huertos citrícolas, y en general a frutales perennes (aguacate, guanábana y mango, entre otros), es la construcción de camellones. Esta infraestructura permite la aplicación localizada del agua, mejora el drenaje, evitando el encharcamiento en la zona radical y la excesiva influencia de niveles freáticos altos.

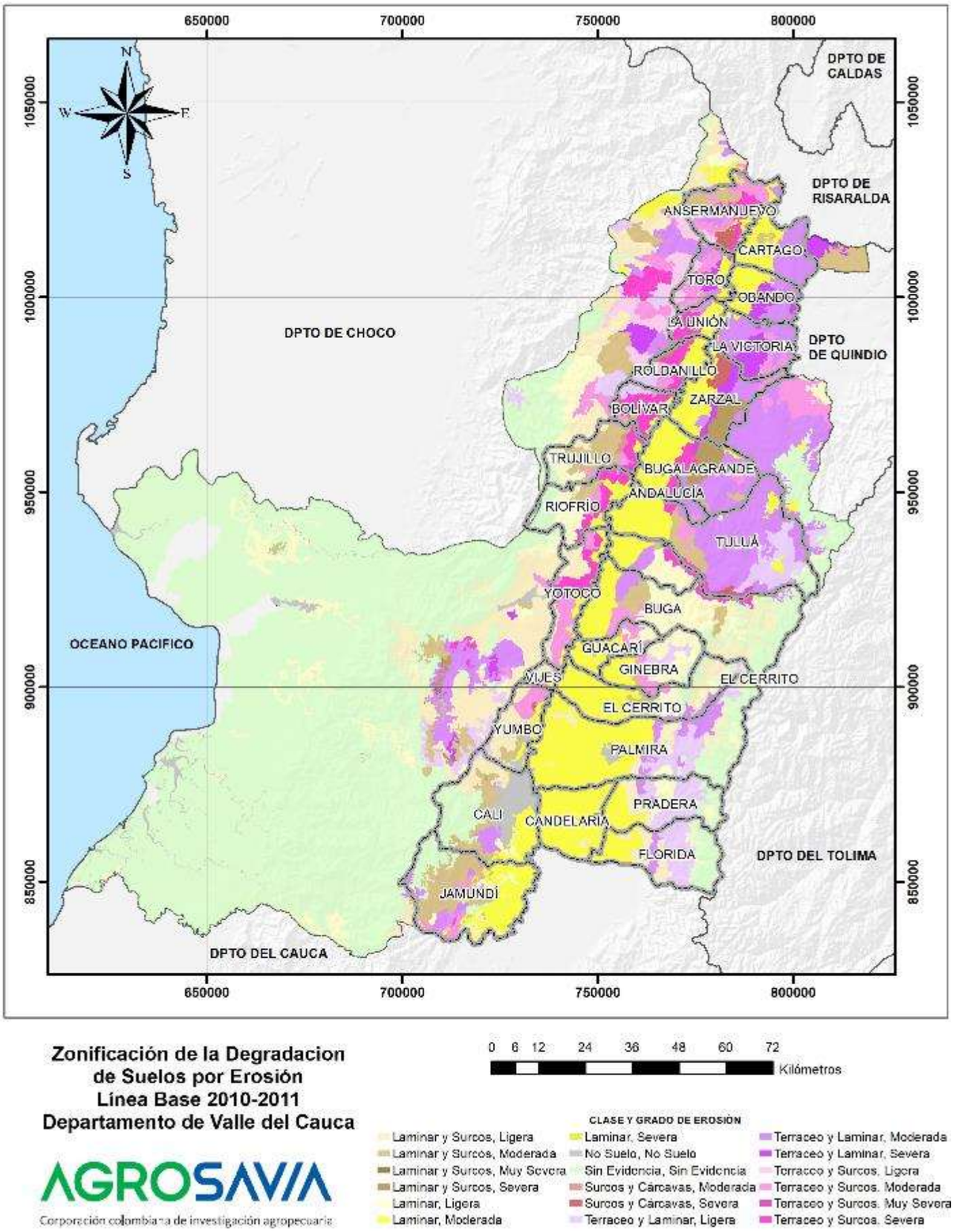


Figura 27. Erosión del suelo en el departamento del Valle del Cauca.
Fuente: Elaboración propia

Agradecimientos

Los autores agradecen al equipo de agrometeorología de AGROSAVIA, Douglas Gómez y Andrea Rodríguez, por su apoyo en la información cartográfica.

Referencias

Escobar, C., & Duque, G. (2016). *Geotecnia para el trópico andino*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de http://www.bdigital.unal.edu.co/53560/.

Greenland, D., & Hayes, M. (1981). *The Chemistry of Soil Processes.* Chichester, Reino Unido: J. Wiley.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), & Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2015). Zonificación de la degradación de suelos por erosión. Línea base 2010-2011. Escala 1:100.000. En IDEAM & Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA). *Síntesis del estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia.* Bogotá, Colombia: IDEAM, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), & Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA). (2015). *Síntesis del estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia.* Bogotá, Colombia: IDEAM, MADS.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2006). *Plan Frutícola Nacional (PFN).* Cali, Colombia: MADR. Recuperado de http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_14_FINAL%20PFN%20COMPLETO.pdf.

Capítulo VI
Nutrición, correctivos y fertilización de la lima ácida Tahití

Marlon José Yacomelo Hernández, Liliana Ríos-Rojas
y Javier Orlando Orduz-Rodríguez

El suelo es un cuerpo natural no renovable, que tiene una génesis, una morfología y unas propiedades físicas, químicas y bioorgánicas, que son producto de ciertos factores formadores (clima, material parental, organismos, relieve y tiempo). Su fertilidad es una cualidad que resulta de la interacción entre sus características físicas, químicas y biológicas, y que consiste en su capacidad de suministrar agua y nutrientes que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Las plantas toman todos sus nutrientes del suelo, excepto el dióxido de carbono, que las hojas toman del aire. Un adecuado diagnóstico de la fertilidad natural del suelo contribuye al manejo integral de los nutrientes, pues, a través de indicadores, es posible conocer la reserva aprovechable de los elementos en el suelo y seleccionar las tecnologías de fertilización y fuentes de abono más apropiadas (Castro & Gómez, 2010).

Por lo anterior, es fundamental conocer los requerimientos nutricionales de las plantas, para obtener altos rendimientos, sostenibles en el tiempo y con una adecuada calidad de la fruta. Por lo general, el suelo no contiene la cantidad óptima ni el balance adecuado de todos los nutrientes, razón por la cual las plantas tienden a compensar esta deficiencia retardando su crecimiento, desarrollo y rendimientos.

En el presente capítulo se consideran los aspectos más importantes que se deben tener en cuenta para el manejo de los suelos donde se van a establecer los cultivos de lima ácida Tahití, además de las prácticas necesarias para evaluar la fertilidad de los suelos y realizar un diagnóstico nutricional oportuno, con el fin

de tomar las decisiones para el manejo de la fertilidad que aumenten los rendimientos y mejoren la calidad de la fruta.

Exigencias edáficas para el desarrollo del cultivo

Con un propósito comercial, la lima ácida Tahití se siembra en una amplia variedad de suelos, que van desde ligeramente ácidos a alcalinos, y de texturas arenosas a francas o franco-arcillosas. Esta especie necesita suelos con una profundidad efectiva de 2 m, y su cultivo se ve afectado por encharcamientos prolongados o por altos niveles del nivel freático.

En suelos con reacción ácida, se requiere que los niveles de saturación de bases (Ca + Mg + K) estén alrededor del 70 %. Por debajo de este valor, se hace necesaria la aplicación de correctivos (cal agrícola y dolomita, escorias Thomas o yeso agrícola), para aumentar las concentraciones de las bases intercambiables (Malavolta, 1995).

Preparación del suelo para el establecimiento del cultivo

La preparación del suelo debe realizarse con base en sus propiedades físicas, para lo cual es necesario hacer una caracterización, con el fin de contar con un diagnóstico de su estado inicial. Los análisis físicos que se sugiere llevar a cabo antes de la preparación se refieren a la textura y la densidad aparente, que permitirán identificar los posibles problemas físicos del suelo, como compactación y pérdida de estructura, que limitan el buen desarrollo de las plantas.

El análisis físico brindará las bases para seleccionar el tipo de labranza requerida para preparar el suelo adecuadamente, garantizando que las raíces de las plantas encuentren las condiciones físicas óptimas (estructura y porcentaje de poros en el suelo adecuados, y buena infiltración) para el crecimiento radicular.

Es necesario realizar el análisis de densidad aparente cada 10 cm de profundidad, hasta llegar a los 100 cm. Esto permite identificar los niveles en los cuales el suelo presenta problemas de compactación, de profundidad efectiva o de restricciones para el desarrollo radical. Con base en la información anterior, se determina el tipo de labranza necesaria para el establecimiento apropiado del cultivo.

Dentro de esos tipos se encuentran la labranza mínima y la labranza cero. La primera consiste en realizar el menor número de labores en el suelo, pero garantizando buen drenaje e infiltración; la segunda se trata únicamente de preparar el sitio donde se establecerán las plantas.

Para llevar a cabo la labranza cero, es necesario realizar un hoyo de aproximadamente 40 cm de longitud × 40 cm de ancho × 50 cm de profundidad, incorporar en el fondo alrededor de 1 kg de abono orgánico + 200 g de fertilizante edáfico a base de fósforo, y aplicar una capa de suelo de 3 cm de espesor, con el fin de tapar el fertilizante y evitar su contacto directo con las plantas, ya que se puede ocasionar toxicidad.

En el caso de los otros tipos de labranza, se utiliza el mismo procedimiento que para la siembra en campo, con la diferencia de que el tamaño del hoyo se puede reducir en la longitud y el ancho (25 cm de longitud × 25 cm de ancho × 50 cm de profundidad). La utilización de estos otros tipos permitirá reducir al máximo el deterioro físico del suelo. En la tabla 3 se sugieren algunas clases de labranza que se pueden utilizar, dependiendo de las características físicas del suelo.

Tabla 3. Relación general entre densidad aparente del suelo y crecimiento radicular, con base en la textura del suelo

Textura del suelo	Densidades aparentes ideales (g/cm³)	Densidades aparentes que pueden afectar el crecimiento radicular (g/cm³)	Densidades aparentes que restringen el crecimiento radicular (g/cm³)
Continuación tabla 3 Arenoso-franca (AF)	<1,60	1,69	>1,80
Franca (F) Franco-arenosa (FA)	<1,40	1,63	>1,80
Franco-arcillosa (FAr) Franco-arcillo-arenosa (FArA)	<1,40	1,6	>1,75
Franco-limosa (FL) Franco-arcillo-limosa (FArL)	<1,30	1,6	>1,75
Arcillo-arenosa (ArA) Arcillo-limosa (ArL) Algunas franco-arcillosas (35 %-45 % de arcilla)	<1,10	1,39	>1,58
Arcillosa (>45 % de arcilla)	<1,10	1,39	>1,47
Tipo de labranza sugerido por los autores, de acuerdo con el análisis de textura y la densidad aparente			
	1. Labranza cero (preparación del sitio de siembra) 2. Labranza reducida (un pase de arado de cincel vibratorio y uno de rastrillo)	Labranza mínima (dos pases de arado de cincel vibratorio y dos de rastrillo)	Labranza primaria (dos o tres pases de arado de cincel rígido y dos de rastrillo)

Fuente: Elaboración propia a partir de una guía del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (1999)

Fertilidad de los suelos

La fertilidad del suelo es una cualidad que es resultado de la interacción entre sus propiedades físicas, químicas y biológicas, y consiste en su capacidad de aportar agua y nutrientes esenciales a las plantas para completar su ciclo de vida. Los nutrientes son exclusivamente de naturaleza orgánica o mineral.
Las plantas requieren 17 nutrientes —carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B), cloro (Cl), molibdeno (Mo) y níquel (Ni)— para completar su ciclo de vida y alcanzar los rendimientos esperados. Entre el 90 % y el 95 % de la materia seca de la planta está constituida por C, H y O, obtenidos del CO_2 y el H_2O mediante fotosíntesis; mientras que del 5 % al 10 % está compuesta por los nutrientes minerales.

Herramientas de diagnóstico para el manejo de la fertilidad del suelo

En lo que se refiere a la fertilidad del suelo, se contemplan el uso y la adaptación de diversas herramientas de diagnóstico, cuya interpretación constituye la base técnica para orientar de forma integral la nutrición eficiente de cultivos.

El diagnóstico hace referencia a la identificación de características (atributos o limitantes) que influyen en la disponibilidad de nutrientes e interactúan con factores ambientales (clima), del suelo (físicos, químicos y biológicos), del cultivo (históricos, de producción, variedades, extracción nutricional, potencial genético, sistema radicular y fenología), y las prácticas de manejo de este último (Burbano & Silva, 2010). A continuación, se presentan algunas de esas herramientas.

Identificación de síntomas por deficiencia o exceso de nutrientes en las plantas

Estos síntomas permiten evaluar la disponibilidad de un nutriente en el suelo, aunque es importante tener en cuenta que la ausencia de síntomas de deficiencia de un nutriente en la planta no certifica que esté bien nutrida. Los nutrientes tienen una movilidad en las plantas y esto determina el sitio donde se manifiestan las deficiencias o la toxicidad.

En los nutrientes altamente móviles (N, P, K y Mg), los síntomas aparecen en las hojas más viejas, y en los de baja movilidad (Ca, Fe, Mn, Cu, Zn, B) se manifiestan en las hojas jóvenes. Por su parte, el S presenta una movilidad intermedia, y en este caso los síntomas se evidencian en las hojas del tercio medio de las plantas (Osorio, 2014). A continuación, se relacionan algunos síntomas característicos de carencia y toxicidad que se observan en las plantas.

Nitrógeno (N)

En términos generales, es el nutriente que las plantas requieren en mayores cantidades, aunque en algunos cultivos es superado por el potasio. En cítricos, la extracción que hace la fruta de K es cercana a la de N. Es un nutriente móvil en la planta, es decir, que esta lo transporta fácilmente hacia los sitios de nuevo crecimiento (hojas nuevas) y, en consecuencia, los síntomas de deficiencia se pueden observar en las hojas más viejas.

Las deficiencias de nitrógeno en las plantas se manifiestan inicialmente por la presencia de una clorosis generalizada en las hojas viejas, que luego se extiende a toda la planta, causando un retraso en el crecimiento y el porte pequeño de las plantas (figura 28).

Foto: Marlon Yacomelo

Figura 28. Síntomas de deficiencia de nitrógeno. a. Hoja sana (verde intenso); b. Hoja con deficiencia, que muestra clorosis generalizada (pérdida de color y amarillamiento).

Fósforo (P)

Al igual que el nitrógeno, el fósforo es un elemento móvil en la planta. Por lo general, su deficiencia está marcada por la coloración púrpura de las hojas, algunas veces en la zona intervenal, y cuando es severa los síntomas se trasladan a toda la planta. En ese caso ocasiona el porte pequeño de las plantas, la disminución de la cantidad de flores, entrenudos cortos y una reducción significativa de los rendimientos (figura 29).

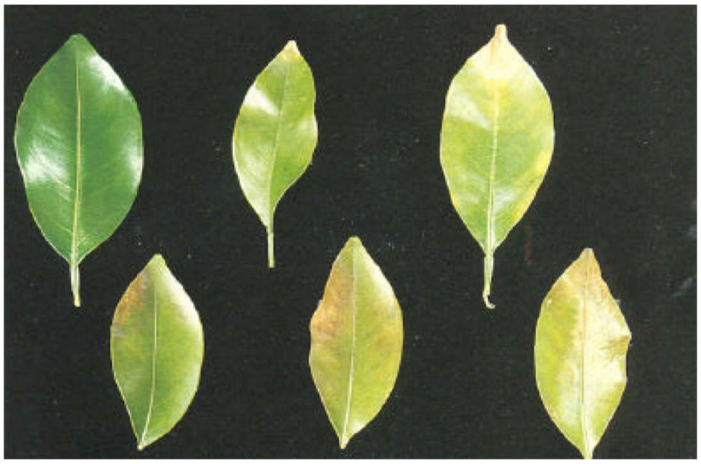


Figura 29. Hojas que se tornan de color púrpura por la deficiencia de fósforo.
Fuente: Tomada de Legaz & Primo (s. f.)

Potasio (K)

Es un nutriente altamente móvil en la planta, y los síntomas de su deficiencia se caracterizan por la presencia de clorosis y un rápido necrosamiento de los bordes y la punta de las hojas maduras (figura 30).

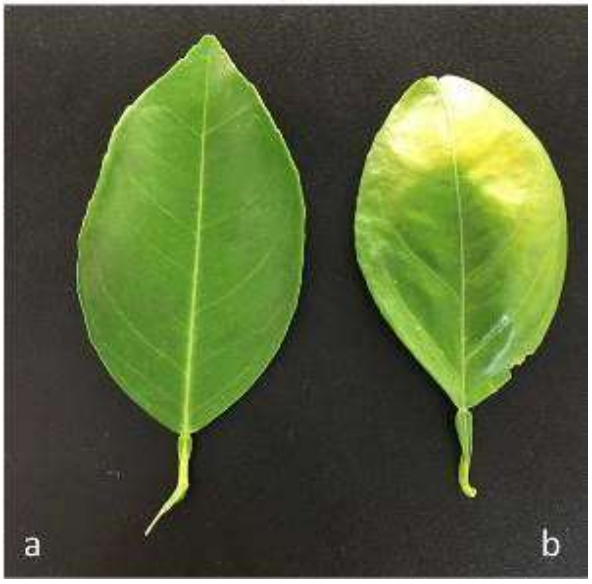
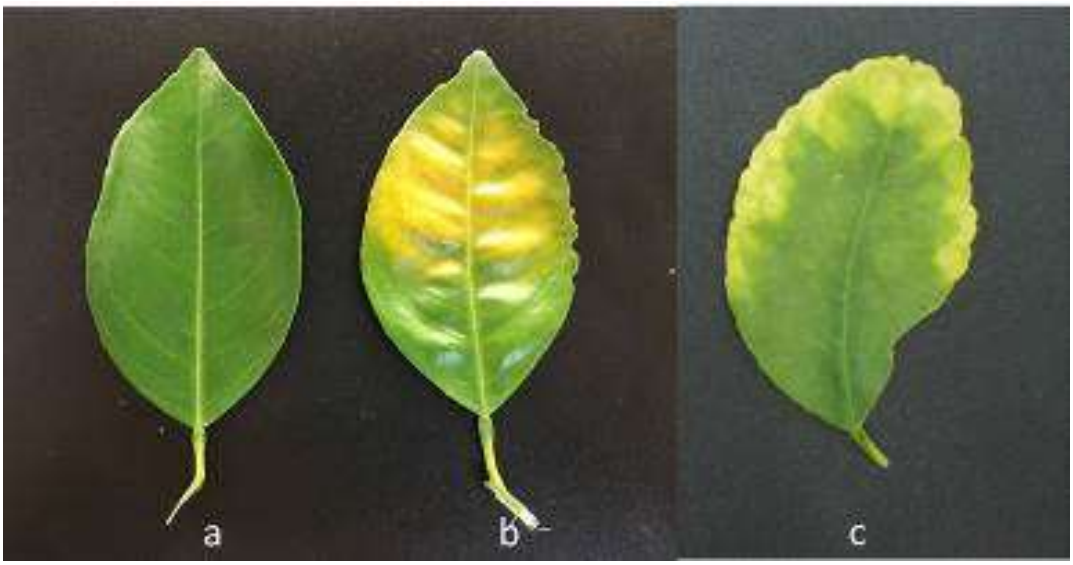


Foto: Marlon Yacomelo

Figura 30. Síntomas de deficiencia de potasio. a. Hoja sana (verde intenso); b. Hoja con clorosis en su punta.

Calcio (Ca)

Este elemento se mueve en la planta por transpiración y es inmóvil. Sus deficiencias se manifiestan en las hojas más nuevas, y en la lima ácida Tahití se observan en los sitios de nuevo crecimiento (meristemos y frutos). Las plantas con deficiencia se caracterizan por presentar necrosis en los meristemos, entrenudos cortos y hojas jóvenes malformadas. Los frutos tienden a rajarse y en algunos casos se necrosan. Esta deficiencia es más común en suelos con pH ácidos, en regiones donde hay altas precipitaciones, que provocan lixiviaciones o el lavado del nutriente en el suelo (figura 31).



Fotos: Marlon Yacomelo; Heberth Velásquez

Figura 31. Síntomas de deficiencia de calcio. a. Hoja sana (verde intenso); b. Hoja con clorosis en parte intermedia; c. Hoja con clorosis en los bordes.

Las deficiencias de calcio son comunes en la región de Lebrija y en los Llanos Orientales. Además de afectar los rendimientos, esta deficiencia puede ocasionar deterioro en la parte apical de las frutas, que en Santander es conocida como "culillo", lo que afecta la longevidad de la fruta y su calidad para la exportación.

En condiciones de suelos ácidos, es necesario incrementar el contenido de Ca y Mg en el suelo, con la aplicación de correctivos antes del establecimiento del cultivo y durante el desarrollo, mediante el plan de nutrición formulado con base en los resultados del análisis de suelo.

Magnesio (Mg)

Se trata de un nutriente altamente móvil en la planta, y sus deficiencias están marcadas por la presencia de una clorosis intervenal en las hojas maduras, que se observa en forma de V invertida y en algunos casos causan malformaciones (figura 32).

Foto: Heberth Velásquez

Figura 32. Síntomas de deficiencia de magnesio. a. Hoja sana (verde intenso); b. Hoja con clorosis intervenal que forma una V invertida.

Azufre (S)

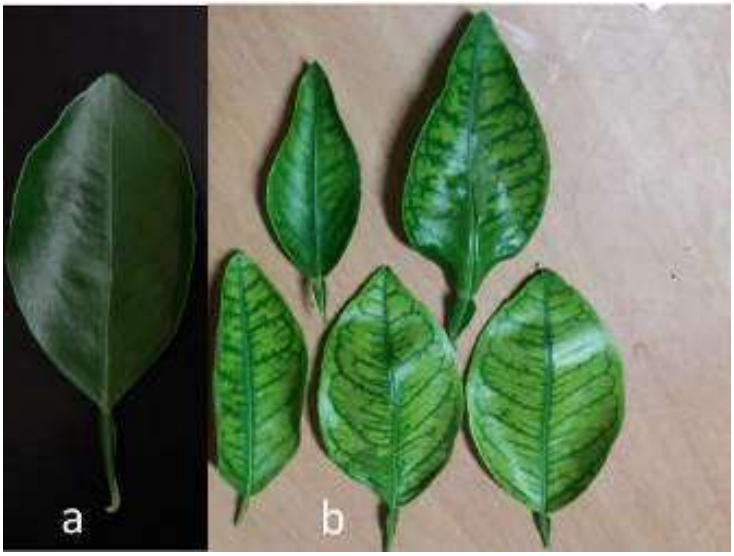
En las plantas, el azufre presenta una movilidad intermedia, caso en el cual las deficiencias se observan en las hojas del tercio medio de las plantas, usualmente con una clorosis generalizada, que las torna de color verde pálido o amarillo. Otra de las manifestaciones está asociada con el retraso en el desarrollo de las flores y la maduración de los frutos (figura 33).

Foto: Marlon Yacomelo

Figura 33. Síntomas de deficiencia de azufre. a. Hoja de color verde pálido; b. Hoja sana (verde intenso).

Hierro (Fe)

Es un nutriente de baja movilidad en la planta, y los síntomas de su deficiencia se manifiestan en la pérdida de pigmentación de las hojas, causada por la disminución del contenido de clorofila en los cloroplastos, que deja las nervaduras verdes (figura 34).

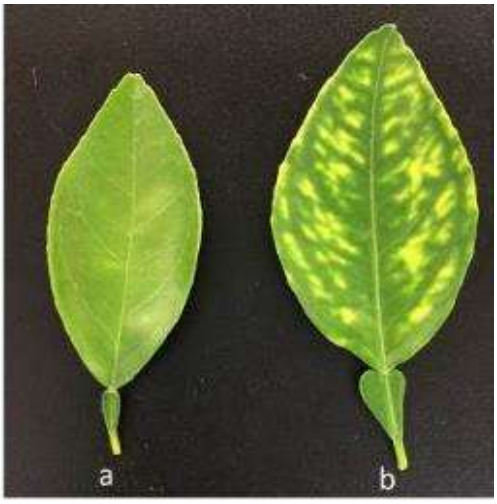


Fotos: Marlon Yacomelo

Figura 34. Síntomas de deficiencia de hierro. a. Hoja sana (verde intenso); b. Despigmentación en las hojas nuevas, que solo mantienen de color verde las nervaduras.

Manganeso (Mn)

Se trata de un nutriente de baja movilidad en las plantas. Sus deficiencias se manifiestan con la presencia de clorosis intervenal en las hojas jóvenes (figura 35).



Fotos: Marlon Yacomelo

Figura 35. Síntomas de deficiencia de manganeso. a. Hoja sana (verde intenso); b. Clorosis intervenal en las hojas nuevas.

Cobre (Cu)

Es un nutriente de baja movilidad en la planta. Su deficiencia causa hojas grandes de color verde oscuro y la presencia de entrenudos cortos (figura 36).

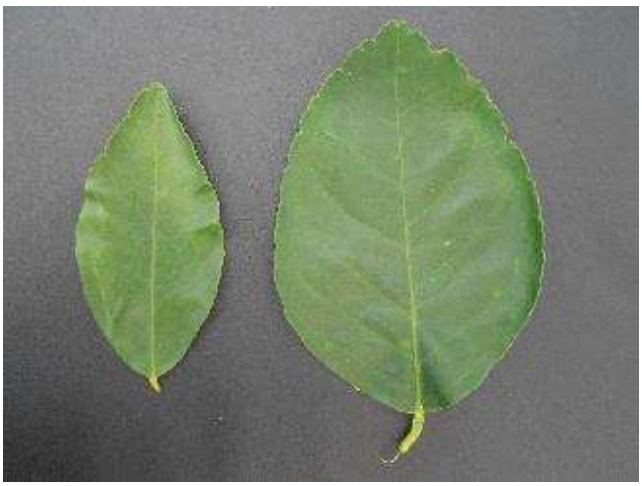


Foto: Heberth Velásquez

Figura 36. Síntomas de deficiencia de cobre. a. Hoja joven sana; b Hojas jóvenes, de mayor tamaño y color verde intenso.

Zinc (Zn)

Se trata de un nutriente de baja movilidad en la planta, y sus deficiencias se manifiestan en una reducción del tamaño de las hojas, el acortamiento de entrenudos y clorosis intervenal (figura 37).

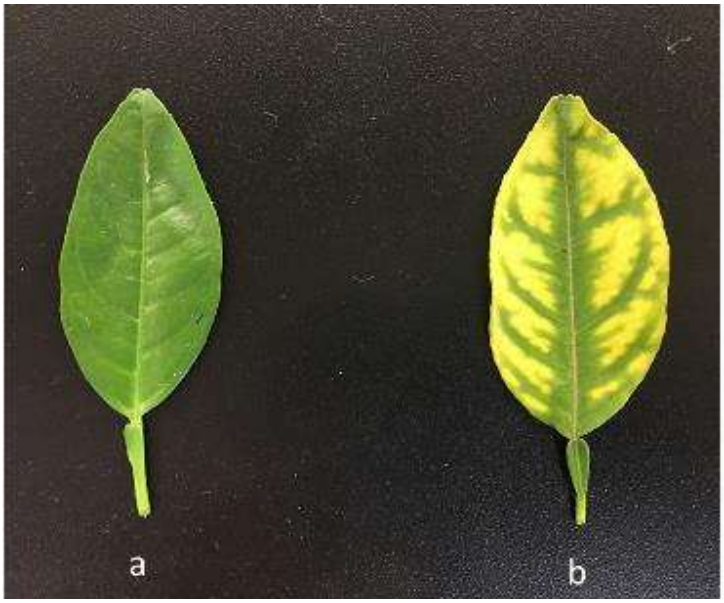


Foto: Marlon Yacomelo

Figura 37. Síntomas de deficiencia de zinc. a. Hoja sana (verde intenso); b. Hojas nuevas pequeñas, con clorosis intervenal.

Boro (B)

Es un nutriente de baja movilidad en la planta. Sus deficiencias impiden el crecimiento de los brotes, lo que ocasiona hojas asimétricas o con deformaciones, por lo general en su punta (figura 38). También se evidencian deformidades en los frutos.

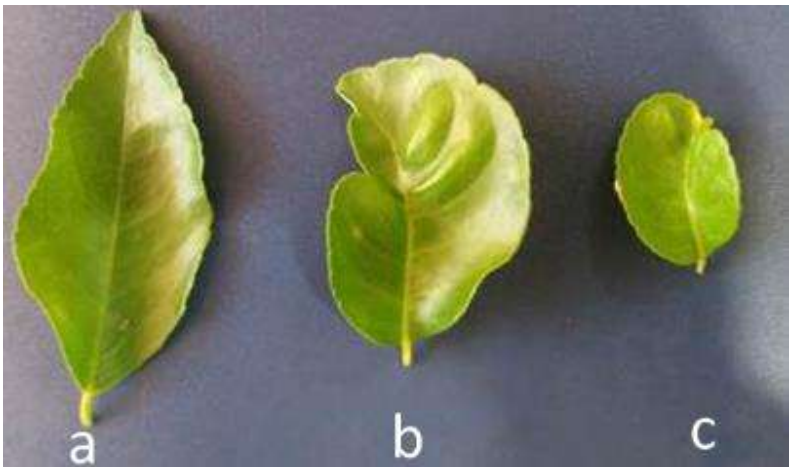


Foto: Marlon Yacomelo

Figura 38. Síntomas de deficiencia de boro. a. Hoja sana (verde intenso); b. Hojas con deformidad en los bordes; c. Hojas de menor tamaño y con deformidad en las puntas.

Molibdeno (Mo)

Se trata de un nutriente de baja movilidad, y sus deficiencias causan hojas angostas (figura 39).

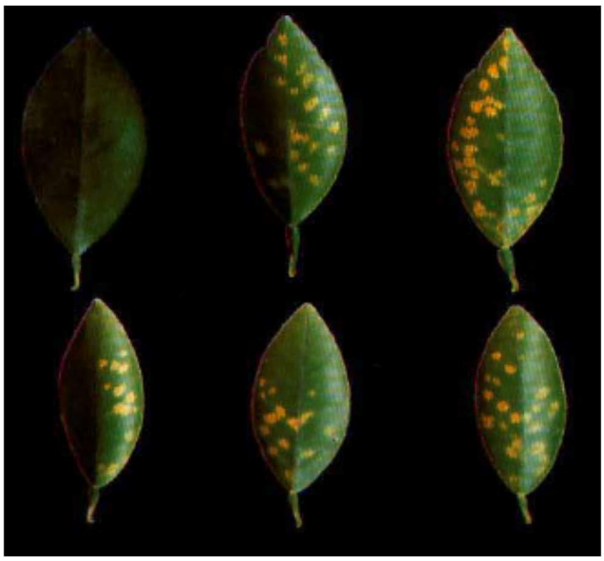


Foto: Francisco Legaz

Figura 39. Hojas angostas con manchas cilíndricas por deficiencia de molibdeno.

Análisis foliares y de suelo

Los análisis foliares y de suelo son las herramientas de diagnóstico para conocer el estado nutricional de la planta y el suelo. Los dos se complementan y permiten tomar las mejores decisiones a la hora de elaborar un plan de nutrición.

A continuación, se relaciona el procedimiento para tomar una muestra de suelo. En primer lugar, se deben identificar las áreas comunes dentro del lote (figura 40).

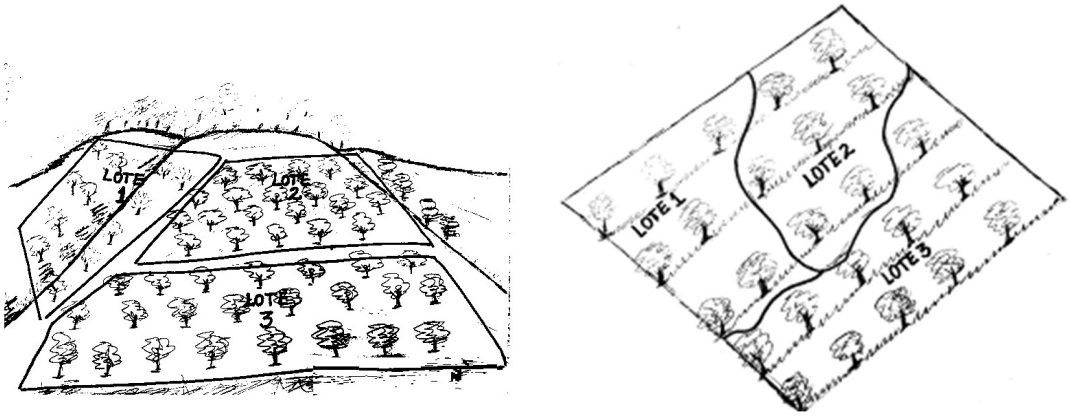


Figura 40. Muestreo de suelo de acuerdo con las características del lote. a. Identificación de zonas homogéneas en suelos de montaña; b. Identificación de zonas homogéneas en un lote de pendiente plana.
Ilustración: Leddy Ropero

En segundo lugar, se toma una muestra de suelo representativa del lote, de aproximadamente 1 kg. La muestra consiste en una mezcla de al menos 20 porciones de suelo (submuestras), tomadas al azar en el lote donde se desea establecer el cultivo. Las muestras deben recolectarse por lo menos entre dos y tres meses antes del establecimiento, procurando recogerlas cuando el suelo esté húmedo (capacidad de campo).

Para tomar la muestra se deben tener a la mano los siguientes implementos: balde limpio, barreno o palín, machete limpio, bolsas plásticas y hojas de información para marcar las muestras (figura 41a). Una vez que se cuente con

todas las herramientas, se procede a hacer el muestreo en el lote, que se puede realizar en forma de zigzag, en cuadro o al azar.

Fotos: Marlon Yacomelo

Figura 41. Muestreo de suelo. a. Implementos necesarios; b. Limpieza de la superficie del suelo; c. Perforación; d. Extracción de la muestra; e. Limpieza de la muestra; f. Depósito y mezcla de las submuestras; g. Empaque de la muestra; h. Marcación y contramuestra para envío al laboratorio.

En lo que respecta a los frutales, la muestra para análisis de la fertilidad del suelo se debe tomar a tres profundidades, de 0 a 15 cm, de 15 a 30 cm y de 30 a 50 cm, debido a que, por lo general, la concentración de los nutrientes varía dependiendo de la profundidad y a que las plantas cítricas toman nutrientes hasta esas profundidades del suelo.

Antes de recolectar la muestra, es necesario raspar la superficie del suelo, con el fin de eliminar el tejido vegetal de la superficie, que puede alterar los resultados del laboratorio (figura 41b). Para la toma de la muestra se hace un hoyo en forma de V, de aproximadamente 20 cm de ancho y de longitud, y 50 cm de profundidad (figura 41c), y en cada punto se toman tres muestras de suelo, una entre los 0 y los 15 cm, la segunda entre los 15 y los 30 cm, y la última entre los 30 y los 50 cm.

La extracción de la muestra se realiza con un palín o barreno. En el primer caso se introduce el palín en el suelo hasta la profundidad deseada, tomando una porción de suelo de aproximadamente 20 cm de longitud x 15 de ancho x 3 cm de grosor, y de esta porción se extrae el cuadrante central de la submuestra, la cual debe ser depositada en el balde limpio (figuras 41d y 41e).

Esta operación debe repetirse cada vez que se desee tomar una submuestra (unas 20 por hectárea). Al finalizar la extracción de las muestras de suelo, deben mezclarse hasta homogenizar la muestra tomada en los diferentes puntos del lote, sacando dos muestras de 1 kg para cada profundidad (figuras 41f y 41g).

Las muestras deben marcarse con la información del lote: nombre de la finca y propietario, nombre del lote y ubicación geográfica, pendiente, profundidad en la cual se tomó la muestra de suelo, cultivo y tipo de análisis solicitado (figura 41h). Luego de empacar la muestra, debe enviarse al laboratorio para sus respectivos análisis.

En cuanto a los cultivos establecidos, también se realiza un muestreo en zigzag o en cuadro, tomando las muestras en varios árboles del total establecido por lote. En promedio, se sugiere recolectar muestras de por lo menos 20 árboles por cada lote con un área no mayor a 2 ha.

Con ese fin, se sigue el protocolo descrito anteriormente, pero en este caso es necesario tomar en total cuatro submuestras por árbol, a dos profundidades, dos entre 0 y 20 cm y dos entre 20 y 40 cm, en lados opuestos de la copa de los árboles, ya que hasta esas profundidades las plantas cítricas absorben el mayor porcentaje de nutrientes del suelo.

Es necesario que las muestras se recolecten en el tercio medio del área de cubrimiento de la copa (figura 42), y todas las submuestras tomadas en su respectiva profundidad deben mezclarse, sacando una sola muestra representativa de cada profundidad.

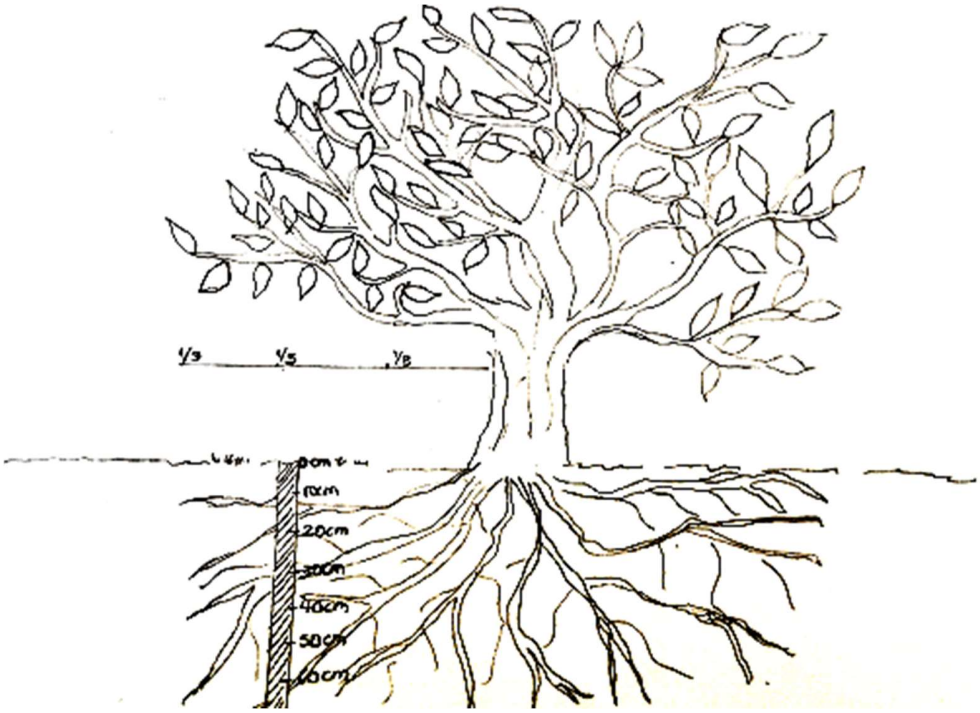


Figura 42. Muestreo de suelo en cultivos de lima ácida Tahití ya establecidos.
Ilustración: Marlon Yacomelo

Las muestras de suelo deben ser tomadas 15 días después de la cosecha principal, teniendo en cuenta que la planta ha realizado un gran esfuerzo para lograr la producción, y va a requerir nutrirse para recuperarse y volver a iniciar su ciclo fenológico de la mejor manera.

Por otro lado, se requiere hacer un análisis foliar, en el que las muestras se tomen en el tercio medio de las plantas y estén conformadas por hojas jóvenes, verificando que se encuentren sanas y libres de impurezas (figura 43).

Figura 43. Toma de muestras foliares para análisis químico.
Ilustrción: Marlon Yacomelo

Al igual que para la muestra de suelo, se deben tomar por lo menos 20 submuestras por lote, las cuales deben ser mezcladas, sacando una muestra representativa. Posteriormente, se envían al laboratorio para su análisis.

Una vez que se han recibido los resultados de los análisis foliares y de suelo, donde se relacionan las concentraciones de los nutrientes y las características físicas del suelo, se deben comparar con las exigencias nutricionales del cultivo (requerimientos nutricionales), con el fin de diagnosticar si el suelo puede aportar las cantidades necesarias de nutrientes para el óptimo desarrollo de las plantas. De no ser así, se deben aplicar al suelo fertilizantes o enmiendas que aumenten la concentración de los nutrientes deficitarios.

Para el caso del cultivo de lima ácida Tahití en Colombia, no existen reportes acerca de sus requerimientos nutricionales. Sin embargo, en la tabla 4, 5 y 6 se relaciona la información que se puede utilizar como guía para interpretar los resultados de los análisis químicos de suelo.

Tabla 4. Rangos para interpretar los resultados del análisis químico de suelos

Parámetro	Unidad	Interpretación				
		Muy baja	Baja	Suficiente	Alta	Muy alta
Fósforo (P)	$mg.kg^{-1}$	<5	5-15	15-30	30-45	>45
Azufre (S)	$mg\ kg^{-1}$	<3	3-6	6-12	12-15	>15
Hierro (Fe)	$mg\ kg^{-1}$	<10	10-25	25-50	50-10	>100
Manganeso (Mn)	$mg\ kg^{-1}$	<2,5	2,5-5,0	5-10	10-20	>20
Cobre (Cu)	$mg\ kg^{-1}$	<0,5	0,5-1,0	1-3	3-5	>5
Zinc (Zn)	$mg\ kg^{-1}$	<0,5	0,5-1,5	1,5-5,0	5-10	>10
Boro (B)	$mg\ kg^{-1}$	<0,2	0,2-0,5	0,5-1,0	1,0-1,5	>1,5
Calcio (Ca)	$cmol_c/kg^{-1}$	<1	1-3	3-6	6-9	>9
Magnesio (Mg)	$cmol_c\ kg^{-1}$	<0,5	0,5-1,5	1,5-2,5	2,5-3,0	>3
Potasio (K)	$cmol_c\ kg^{-1}$	<0,05	0,05-0,15	0,15-0,30	0,3-0,5	>0,5
Sodio (Na)	$cmol_c\ kg^{-1}$	<0,5	0,5-1,0			>1
Aluminio (Al)	$cmol_c\ kg^{-1}$	<0,5	0,5-2,0			>2

pH	Acidez extrema	Acidez fuerte	Acidez moderada	Acidez ligera	Neutralidad	Alcalinidad	Alcalinidad alta
	<5	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,3	7,3-8,0	>8

Fuente: Osorio (2014)

Tabla 5. Absorción de nutrientes para alcanzar rendimientos de 30 t/ha

Absorción de nutrientes (kg/ha)				
Nitrógeno (N)	Pentaóxido de difósforo (P_2O_5)	Óxido de potasio (K_2O)	Óxido de de magnesio (MgO)	Azufre (S)
270	60	350	40	30

Fuente: Instituto Internacional de la Potasa (1987)

Tabla 6. Extracción de nutrientes ($kg\ t^{-1}$) de fruta

Extracción de nutrientes (%)					
Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Azufre (S)
1,6	0,2	1,7	0,7	0,2	0,1

Fuente: International Fertilizer Industry Association (IFA) (1992)

Métodos de aplicación de fertilizantes

Aplicación de fertilizantes sólidos

La aplicación de los fertilizantes sólidos se puede realizar principalmente al voleo (figura 44) y en corona (figura 45). El primer método causa que las plantas expandan las raíces superficiales por toda el área de la copa, y el segundo que las raíces crezcan hasta la gotera de la copa en busca del fertilizante, lo que genera un mejor anclaje.

En este sentido, se sugiere intercalar los dos métodos, para garantizar un buen desarrollo de las raíces y un mayor aprovechamiento del fertilizante. Es necesario tener en cuenta que, en el momento de aplicar los fertilizantes, el área que va de la gotera al tronco de la planta debe estar libre de malezas, y en ambos métodos es importante que el fertilizante sea incorporado al suelo, para asegurar una mayor eficiencia.

Fotos: Víctor Redondo

Figura 44. Fertilización al voleo. a. Aplicación; b. Incorporación en el suelo.

Fotos: Víctor Redondo

Figura 45. Aplicación de fertilizante en corona. a. Elaboración de zanja alrededor de la gotera del árbol; b. Aplicación en el interior de la zanja; c. Fertilizante cubierto con una capa de suelo.

Aplicación foliar de fertilizantes

En muchas ocasiones, la calidad de los frutos de lima ácida Tahití está determinada por el contenido de nutrientes, por lo cual se requiere una alta disponibilidad de estos durante la formación del fruto. En estos casos, la fertilización foliar es particularmente eficiente.

La aplicación foliar de Ca durante el crecimiento de los frutos contribuye al mejoramiento de la calidad de la fruta, del mismo modo que otros nutrientes que no están disponibles para la planta en el suelo. También se sugiere utilizar la fertilización foliar cuando se desea corregir una deficiencia nutricional, principalmente de elementos menores (boro, zinc, cobre, hierro y manganeso), de manera rápida.

En síntesis, se recomienda utilizar las dos prácticas de fertilización, para garantizar que las plantas tengan un mejor y mayor aprovechamiento de los nutrientes. Es necesario tener en cuenta que las dosis dependen de las exigencias nutricionales de la planta y de la concentración del nutriente en el suelo.

Por su parte, la frecuencia de aplicación obedece a las características del suelo. Por ejemplo, en suelos arenosos se sugiere fraccionar el fertilizante por lo menos en cuatro aplicaciones por cada ciclo productivo.

A su vez, la cantidad de nutrientes que se aplique depende del estado fenológico de la planta. Por ejemplo, se requiere una mayor cantidad de nitrógeno durante el inicio de la etapa vegetativa, es decir, después de la cosecha; por el contrario, la planta tiene una mayor exigencia de potasio para la formación del fruto (al menos el 60 % de los nutrientes se deben aplicar en este estado).

Algunas fuentes de fertilizantes y sus usos

En la tabla 7, se relacionan algunos de los fertilizantes utilizados en Colombia como fuente para suplir las necesidades nutricionales de la lima ácida Tahití. Se trata de una referencia acerca de algunos de los productos disponibles en el mercado, pues la oferta en el país es muy amplia, y por ello se sugiere estar atento o revisar el listado de productos con registro del ICA para su comercialización y utilización en Colombia.

En términos generales, en Colombia hay pocos estudios acerca de los requerimientos nutricionales de la lima ácida Tahití. Desde el año 2007, AGROSAVIA ha venido realizando un estudio sobre las necesidades nutricionales e hídricas de esta especie. Las recomendaciones se basan en conseguir un balance nutricional, ajustando lo que la planta necesita teóricamente (Corrales, 2002) (tabla 8), los contenidos de nutrientes en el suelo (análisis químico de suelos) y las concentraciones de nutrientes en el tejido foliar (análisis de tejido).

Tabla 7. Algunos productos utilizados en Colombia para la fertilización de cultivos

Fertilizante	Nutrientes que aporta	Concentración del nutriente (%)
Elementos mayores		
Urea [$CO(NH_2)_2$]	N	46
Sulfato de amonio [$SO_4(NH_4)_2$]	N	21
	S	24
Nitrato de calcio [$(NO_3)_2Ca$]	N	15,5
	Ca	21
Ácido fosfórico [H_3PO_4]	P_2O_5	52-60
Fosfato monoamónico (map) [$NH_4H_2PO_4$]	P_2O_5	50
	N	10
Fosfato diamónico (dap) [$(NH_4)_2HPO_4$]	P_2O_5	46
	N	18
Superfosfato triple [$Ca(H_2PO_4)_2H_2O$]	P_2O_5	46
	Ca	13,6
	S	1,4
Cloruro de potasio [KCl]	K_2O	60
	Cl	39
Sulfato de potasio [K_2SO_4]	K_2O	50
	S	18
Nitrato de potasio [KNO_3]	K_2O	44
	N	13
10-30-10	N	10
	P_2O_5	30
	K_2O	10
Triple 15 (15-15-15)	N	15
	P_2O_5	15
	K_2O	15
Triple 18 (18-18-18)	N	18
	P_2O_5	18
	K_2O	18
Cafetero (17-6-18-2)	N	17
	P_2O_5	6
	K_2O	18
	MgO	2
10-20-20	N	10

Continúa

Continuación tabla 7

	P_2O_5	20
	K_2O	20
18-3-16-7	N	18
	P_2O_5	3
	K_2O	16
	MgO	7
Nitrasam	N	28
	P_2O_5	4
	S	6
Fuente de elementos secundarios		
Óxido de magnesio	MgO	40
Óxido de magnesio (polvo)	MgO	85
Kieserita [$SO_4Mg.H_2O$]	MgO	25
	S	20
Nitrato de magnesio [$Mg(NO_3)_2$]	N	11
	MgO	16
Cal dolomita	MgO	17,5
	CaO	32
Sulfato de magnesio	MgO	16,5
	S	12
Microelementos		
Complejo de boro y zinc	B	2,5
	Zn	15
Boro granulado	B	10
Sulfato de manganeso granulado [SO_4Mn]	Mn	20
Sulfato de zinc granulado [SO_4Zn]	P_2O_5	3
	Zn	22
	S	7
Sulfato de zinc (polvo) [SO_4Zn]	S	14
	Zn	28
Ácido bórico [H_3BO_3]	B	17
Bórax [$Na_2B_4O_7.10H_2O$]	B	11

Fuente: Elaboración propia

Los tratamientos evaluados en el estudio consistieron en: N1, nivel de nitrógeno según el análisis químico de suelo/requerimientos de la planta; N2, doble del N1, y N3, nivel de nitrógeno utilizado por el productor (Dorado, Grajales, & Ríos, 2015).

Los resultados arrojaron que el mejor nivel fue el N2, con el cual se obtuvo el mayor rendimiento, 33,12 t/ha^{-1}. Sin embargo, con N1 se presentaron los mejores valores en la mayoría de las variables de calidad evaluadas. En la tabla 9 se presentan los valores de nitrógeno considerados para tres localidades donde se realizó el estudio: Atlántico, Santander y Tolima.

Tabla 8. Niveles adecuados de nutrientes en el suelo para cítricos

Parámetro/nutriente	Rango adecuado
Materia orgánica del suelo (M. O.)	4-8 %
Fósforo	8-10 ppm
Azufre	10-15 ppm
Calcio	3-4 mEq/100 g
Magnesio	0,8-1,2 mEq/100 g
Potasio	0,3-0,4 mEq/100 g
Sodio	0-3 cmol/kg
Hierro	40-50 ppm
Cobre	1,0-1,5 ppm
Manganeso	5-10 ppm
Zinc	3-5 ppm
Boro	0,3-1,0 ppm
pH	5,0-6,5
Conductividad eléctrica (ce)	<2 dS/m
Capacidad de intercambio catiónico (cic)	>20 cmol/kg

Fuente: Corrales (2002)

Tabla 9. Fórmula de nutrición quincenal para la lima ácida Tahití

Fertilizante	Dosis quincenal (g)		
	Atlántico (Santo Tomás)	Santander (Lebrija)	Tolima (El Espinal)
Urea	163		196
Fosfato diamónico (DAP)	97	68	39
NP	119		
Nitrato de potasio		109	49
Sulfato de amonio (SAM)			5
Sulfato de manganeso (SMn)	17	16	22
Vicor	78		22
Quelato de hierro			41
Nitron		291	
Sulfato de magnesio (SMg)		78	
Zinc quelatado		12	
Bórax		4	

Fuente: Dorado et al. (2015)

Por otra parte, en 2017, se finalizó la investigación "Desarrollo de los modelos productivos regionales de cítricos", que tuvo como resultado la oferta tecnológica denominada "Manejo del riego y la nutrición para huertos de lima ácida Tahití ubicados en zonas de clima seco tropical" (Ríos-Rojas et al., 2017, datos inéditos).

Esta recomendación aplica para huertos productores del Tolima en el valle del Magdalena, donde la textura predominante del suelo es arenosa, con buen drenaje. En este caso, la fertilización debe ser una labor quincenal, administrada en forma de *drench* o fertirriego, con bajos caudales de emisión.

En la tabla 10 se relaciona la fórmula de fertilización utilizada en la investigación de Agrosavia. Con esta recomendación de nutrición se han conseguido rendimientos de hasta 36 t/ha.

Tabla 10. Dosis y nutrientes para huertos del Tolima

Época de aplicación	Fuente de fertilización	Composición de la fuente	Cantidad (kg/ha)
Semestre I	SAM (NH_4SO_4)	21 % N + 24 % S	190
	KCl	60 % K_2O	63,6
	Vicor 3	3 % N + 15 % Ca + 5 % Mg + 3 % S + 1 % B + 0,02 % Cu + 0,02 % Mn + 2,5 % Zn	40
Semestre II	Urea	46 % N	135
	KCl	60 % K_2O	63,6
Semestre III	SAM (NH_4SO_4)	21 % N + 24 % S	190
	KCl	60 % K_2O	63,6
	Vicor 3	3 % N + 15 % Ca + 5 % Mg + 3 % S + 1 % B + 0,02 % Cu + 0,02 % Mn + 2,5 % Zn	40
Semestre IV	Urea	46 % N	135
	KCl	60 % K_2O	63,6

Fuente: Ríos et al. (2017, datos inéditos)

En conclusión, el manejo adecuado del suelo y la nutrición de las plantas es de vital importancia para garantizar buenos rendimientos y calidad de fruta. En este sentido, el primer paso antes de iniciar un proyecto productivo consiste en realizar un análisis de suelo antes del establecimiento del cultivo y, posteriormente, realizar análisis periódicos tanto de suelo como de tejido foliar.

Las reservas nutricionales se pueden agotar por el consumo de la planta o por el lavado del suelo, aún más en suelos con características arenosas. En suelos donde se sobrerriega, las láminas de riego se convierten en volúmenes de lavado, por lo cual, en estos huertos, la fertilización debería ser más constante y asociada a una lámina adecuada de riego.

Cuando se utilizan fertilizantes edáficos granulados o en polvo, la labor de fertilización debe hacerse de manera manual. Cuando se opta por fuentes hidrosolubles, se prefiere el fertirriego, que minimiza la mano de obra y localiza mejor el producto.

Manejo de la acidez de los suelos

La acidez adquiere importancia en los suelos tropicales y en especial en Colombia, donde los suelos ácidos ocupan más del 80 % del territorio. Esta condición incide directamente en la solubilidad de los nutrientes para las plantas, afectando en gran medida los rendimientos (Zapata, 2004).

Es el caso de los suelos de la Orinoquia, donde, debido a la alta acidez y la baja fertilidad de la mayoría de ellos, es necesario aplicar correctivos que permitan neutralizar parcial o totalmente las especies iónicas del aluminio, elevar el pH, e incrementar la saturación de bases del suelo (Ca, Mg, K) a niveles cercanos al 60 % o el 70 % (Quaggio, Mattos, & Cantarella, 2005).

Para lograrlo se requiere la aplicación de cales y otras enmiendas. Las cales más utilizadas son la cal agrícola-carbonato de calcio ($CaCO_3$) y la dolomita ($CaMg[CO_3]_2$). En el país, la cal agrícola contiene entre un 70 % y un 80 % de carbonato de calcio, y la cal dolomita entre un 40 % y un 70 % de carbonato de calcio + del 8 % al 36 % de carbonato de magnesio ($MgCO_3$).

Ambas cales presentan una alta reactividad en la capa arable del suelo (20 cm), aunque la agrícola presenta una mayor reactividad en menor tiempo, por lo que es necesario que las aplicaciones de cal dolomita se realicen mínimo 30 días antes del establecimiento del cultivo, para garantizar que las plantas encuentren las condiciones óptimas para su crecimiento.

Adicionalmente, donde es necesario realizar una corrección de la acidez en el subsuelo (> 20 cm de profundidad), se sugiere la utilización del yeso agrícola, el cual, por su alta solubilidad, permite mejorar la cantidad de bases a mayores profundidades. La dosis recomendada equivale a la tercera parte del total de la cal requerida, y se debe aplicar uniformemente sobre la superficie del suelo (Baquero, Orduz-Rodríguez, & Monroy, 2003).

En los cítricos establecidos en los suelos de la terraza alta y la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia, se recomienda realizar la aplicación de los correctivos sobre las franjas donde se van a ubicar los árboles.

Además, teniendo en cuenta las condiciones edafoclimáticas de la región, se sugiere la utilización de fuentes fosfóricas de media a lenta solubilidad (escorias Thomas o rocas fosfóricas molidas o parcialmente aciduladas), entre 45 y 60 días antes del trasplante, que también aportan algunos elementos secundarios, como Ca y S, y menores, como B, Mo, Zn y Cu. A continuación, se presentan las ecuaciones que se sugiere tener en cuenta para determinar la cantidad de cal requerida.

Ecuación propuesta por Malavolta (1995):

$$N.C.(Cal\ Dolomita) = \frac{T(V2 - V1)\ x\ P}{PRNT}$$

Donde:
N. C. = necesidad de encalado ($t.ha^{-1}$)
T = CICE a pH 7,0 (H + Al + K + M) $cmol^2\ kg^{-1}$
V1 = saturación de bases deseada (60 % a 70 %)
V2 = saturación de bases actual = (K + Ca + Mg) × 100
PRNT = poder relativo de neutralización de la cal dolomita (promedio) = 75 % a 85 %
P = factor para estimar la profundidad de incorporación de la cal
0-10 cm para huertos en producción = 0,5
0-20 cm antes del trasplante = 1,0
0-30 cm antes del trasplante o después de subsolar = 1,5

Ecuación propuesta por Cochrane, Salinas y Sanchez (1980):

$$Calcio\ requerido\ para\ encalar\ \left(\frac{cmol}{Kg}\right) = 1{,}5\ [\![Al - RAS(Al + Ca + Mg)]\!]$$

Donde:

RAS = saturación crítica de Aluminio
Al, Ca y Mg = Aluminio, Calcio y Magnesio, bases intercambiables
1,5 = factor de corrección, que puede ser sustituido por 2, si se desea un valor muy bajo de aluminio intercambiable

En conclusión, el manejo adecuado del suelo y la nutrición de las plantas son de vital importancia para garantizar el buen desarrollo de las plantas, obtener altos rendimientos y garantizar la calidad de la fruta. Los programas de manejo dependen de las condiciones edafoclimáticas de la región (clima, propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo) y de las exigencias nutricionales del cultivo.

Agradecimientos

Al ingeniero agroforestal Heberth Velásquez del CI La Libertad y al biólogo Yeison David López-Galé del CI Palmira, por la colaboración prestada en la edición y consolidación del documento.

Referencias

Baquero, J., Orduz-Rodríguez, J., & Monroy, H. (2003). *Desarrollo y transferencia de tecnología en recursos genéticos y prácticas apropiadas para la citricultura llanera* (Informe final de proyecto). Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (PRONATTA).

Burbano, H., & Silva, F. (2010). *Ciencia del suelo, principios básicos*. Bogotá, Colombia: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.

Castro, H., & Gómez M. (2010). Fertilidad de suelos y fertilizantes. En H. Burbano & F. Silva (Eds.). *Ciencia del suelo, principios básicos* (pp. 217-303). Bogotá, Colombia: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.

Cochrane, T., Salinas, J., & Sanchez, P. (1980). An equation for liming acid mineral soils to compensate crop aluminium tolerance. *Tropical Agriculture, 57*(2), 133-140.

Corrales, A. (2002). *Manual ilustrado para la producción de cítricos en Colombia.* Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Asociación Nacional de Productores de Cítricos (ASOCÍTRICOS), Fondo de Fomento Hortifrutícola (FNFH).

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). (1999). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo.* Washington, EE. UU.: USDA.

Dorado, D., Grajales, L., & Ríos, L. (2015). Efecto del riego y la fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de lima ácida Tahití *Citrus latifolia* Tanaka (Rutaceae). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *16*(1), 87-93.

Instituto Internacional de la Potasa (1987). Extracción de nutrientes por los cultivos. *Corresponsal Internacional Agrícola (CIA), 28*(3), 6-7.

International Fertilizer Industry Association (IFA). (1992). *World Fertilizer Use Manual.* París, Francia: IFA.

Legaz, F., & Primo, E. (s. f.). *Normas para la fertilización de los agrios*. Recuperado de https://www.infoagro.com/documentos/normas_fertilizacion_agrios.asp.

Malavolta, E. (1995). Nutrición y fertilización de los cítricos. En R. Guerrero (Ed.). *Fertilización de cultivos de clima medio* (pp. 118-155). Bogotá, Colombia: Monómeros Colombo Venezolanos.

Osorio, W. (2014). *Manejo de nutrientes en suelos del trópico*. Bogotá, Colombia: Editorial L. Vieco.

Quaggio, J., Mattos, D., & Cantarella, H. (2005). Manejo da fertilidade do solo na citricultura. En D. Mattos, J. D. de Negri, R. M. Pio, & J. Pompeu (Eds.) *Citros* (pp. 483-507). Campinas, Brasil: Instituto Agronômico, Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola (FUNDAG).

Zapata, R. (2004). *Química de la acidez del suelo*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Capítulo VII
Establecimiento del cultivo de lima ácida Tahití

Javier Orlando Orduz-Rodríguez

Un cultivo de lima ácida Tahití puede tener un periodo productivo de entre 8 y 20 años, dependiendo de las limitaciones sanitarias, como las enfermedades sistémicas (CTV o exocortis), de los suelos utilizados, del patrón seleccionado y de las prácticas de manejo.

Las inversiones necesarias para un cultivo con esa duración son altas, además del costo financiero y de administración. Por tal razón, antes del establecimiento del cultivo, se deben estudiar con mucho detenimiento todas las condiciones relacionadas con el apropiado desarrollo del cultivo.

Entre esas condiciones se encuentran un manejo sanitario que permita una rápida entrada en producción, altos rendimientos y calidad de la fruta; así como la longevidad de los cultivos, en la que las condiciones climáticas, la profundidad y las características físicas de los suelos son aspectos relevantes (Orduz-Rodríguez, 1997).

En primer lugar, es necesario determinar las limitaciones ambientales o edáficas que se pueden presentar en la región o el predio donde se pretende establecer el proyecto: 1) de tipo climático: intensidad, distribución y frecuencia de la precipitación, duración de la época seca, radiación solar, temperaturas (máximas, medias y mínimas), vientos y humedad relativa; 2) topográficas, por pendientes o riesgos de erosión; 3) por profundidad efectiva del suelo; 4) por exceso de agua o riesgo de inundación; 5) por las características de los suelos: estructura o textura inapropiada, y 6) por química del suelo o condiciones de fertilidad (Munévar, 2004).

El análisis de esta información permite orientar y planificar la tecnología que se va a utilizar para el manejo del cultivo. Lo anterior se debe complementar con visitas a cultivos de lima ácida Tahití en la región, con el fin de conocer las

experiencias previas y el comportamiento del cultivo en esas condiciones ambientales.

Por otra parte, la calidad de la fruta y el tipo de mercado pueden servir de referencia en factores como la selección del tipo de patrón, la distancia y el arreglo de la plantación, la época de trasplante, así como generalidades sobre el manejo del cultivo, el riego, el drenaje y el manejo de problemas fitosanitarios.

Según la topografía de los terrenos seleccionados, pueden necesitarse nivelaciones parciales, rellenos, el establecimiento de curvas a nivel o terrazas. Es importante que en la selección y adecuación del lote se tenga en cuenta no tumbar bosque, que el cultivo esté a la distancia recomendada de los ríos y caños para evitar la contaminación, y seleccionar las prácticas de manejo que ocasionen el mínimo impacto ambiental. Todo lo anterior adquiere importancia, porque el manejo sostenible de la plantación está siendo cada vez más tenido en cuenta dentro de los requisitos de comercialización, y por la responsabilidad ambiental que debe tener la agricultura con el ambiente.

De acuerdo con lo desarrollado por Morín (1985) para cítricos, entre los elementos que se deben considerar para el apropiado establecimiento de una plantación de lima ácida Tahití se encuentran:

1. Selección del patrón que se va a utilizar
2. Selección de clones y estado sanitario de las plantas
3. Trazado de la plantación, teniendo en cuenta la topografía del terreno
4. Cálculos de requerimientos hídricos, provisión de agua, drenajes y sistemas de riego
5. Establecimiento de barreras rompevientos
6. Densidades y arreglos de la plantación
7. Trazado de caminos
8. Requerimientos de maquinaria e implementos acordes con el tamaño de la plantación
9. Planeamiento de las áreas de oficinas, talleres y bodegas, entre otras
10. Infraestructura para cosecha y poscosecha
11. Estudios sobre los canales de comercialización, distribución y mercadeo

Localización del cultivo

Las condiciones climáticas del sitio son determinantes para la producción potencial del cultivo, la calidad de la fruta y los costos de producción. La temperatura óptima para el crecimiento y desarrollo de los cítricos se encuentra entre los 22 y 33 °C, mientras las superiores a 40 °C e inferiores a 13 °C limitan la fotosíntesis, lo que afecta el crecimiento de las plantas y los rendimientos de los cultivos (Medina & da Silva, 2003).

Hernández, Mateus y Orduz-Rodríguez (2014) analizaron esta información en las cinco principales regiones productoras de Colombia. Encontraron que las limas ácidas responden mejor a temperaturas entre 18 y 30 °C (Hernández et al., 2014), así como a un mayor número de horas de brillo solar.

Este elemento climático, sumado a la nutrición mineral (en especial de N) y a las podas, son determinantes para la obtención del color verde intenso de la corteza de la lima ácida Tahití, que es uno de los principales requisitos de calidad para el mercado europeo.

Otro factor importante para el crecimiento y la eficiencia fotosintética de la planta de lima ácida Tahití consiste en el déficit de presión de vapor (DPV), que está inversamente relacionado con el contenido de humedad relativa (HR%): a bajos niveles de HR% se presenta un DPV alto y viceversa, con altos niveles de HR% se observa un DPV bajo.

Un DPV superior a 2 kPa evita la apertura de los estomas, lo que impide optimizar la obtención de tasas altas de fotosíntesis, por la dificultad de asimilación del O_2 de la atmósfera y su fijación en los cloroplastos (Medina & da Silva, 2003).

Arreglos, distancias y densidades de plantación

El número de plantas por hectárea y su forma de ubicación es uno de los elementos principales que se deben tener en cuenta para el establecimiento del cultivo. Existen varios factores que influyen en esta decisión:

1. Efecto del patrón seleccionado en la copa. Los diversos patrones pueden proporcionar copas grandes, medianas o pequeñas (véase el capítulo IV).
2. Características químicas y físicas de los suelos. En los suelos fértiles, el tamaño de las plantas es mayor. Esta cualidad es superior en las texturas franco-arenosas frente a las arcillosas. De igual forma, los suelos ácidos causan la disminución del tamaño de la planta.
3. Tamaño del cultivo.
4. Tipo de mecanización y sistemas de riego que se van a utilizar.

Las distancias de plantación y su arreglo para el cultivo de lima ácida Tahití han venido cambiando en las diferentes regiones productoras de Colombia. Inicialmente, se utilizaban el cuadrado o el tresbolillo, con una distancia de 7 m entre plantas, pero se ha venido perdiendo interés en estos sistemas, debido a la mecanización de los cultivos, que se puede realizar mejor en las plantaciones rectangulares.

Los arreglos más utilizados en suelos planos son en rectángulo, con variaciones de la distancia tanto entre filas como entre plantas. Dependiendo del tamaño del patrón seleccionado, así como de la fertilidad natural del suelo y las características climáticas, las distancias más usadas son 7 m entre filas y 5 o 6 m entre plantas. Eventualmente, con plantas muy grandes, pueden usarse 8 x 5 m u 8 x 6 m, distancias que proporcionan densidades de 285 plantas/ha (8 x 5 m) o de 208 plantas/ha (8 x 6 m).

La tendencia mundial consiste en establecer una alta densidad y buscar patrones enanizantes. En ese sentido, en México hay cultivos exploratorios que emplean el patrón Flying Dragon con distancias de 5, 4 o 3 m; mientras que en el Centro de Investigación Mandioca y Fruticultura de EMBRAPA en el estado de Bahía en Brasil, se están desarrollando patrones enanizantes, con los cuales se utilizan distancias de 4 m entre filas y 2 o 1,5 m entre plantas, que permiten establecer más de 1.000 plantas por hectárea.

En zonas de ladera, se ha utilizado la plantación en curvas a nivel modificada. En este arreglo se marcan las curvas con un nivel óptico o láser, y sobre ellas se determina la distancia.

Cultivos intercalados en la fase de establecimiento

Durante la fase de establecimiento y desarrollo de las plantas, la mayor parte del lote se encuentra sin uso, y en condiciones tropicales se presenta una fuerte presión por las malezas y las arvenses. Además, la entrada en producción comercial de la lima ácida Tahití se presenta en el tercer año, lo que implica que haya gastos en el cultivo sin tener ingresos, por lo cual el flujo de caja es negativo.

Por tal razón, en las plantaciones que van de pequeñas a medianas, el uso de cultivos intercalados es una práctica común, que contribuye a aumentar la eficiencia económica de la plantación, facilitar el control de malezas, mejorar las características físicas y químicas de los suelos, y protegerlos de la erosión.

En suelos ácidos, la aplicación e incorporación en la calle de correctivos como cal dolomita (que proporciona Ca y Mg), escorias Thomas y yeso agrícola puede aprovecharse estableciendo cultivos en la fase improductiva de la lima ácida Tahití.

Dentro de los requisitos que deben cumplir los cultivos intercalados y su manejo, es necesario tener en cuenta algunos aspectos técnicos, para evitar inconvenientes con el cultivo principal. De acuerdo con Coelho (1993), entre estos aspectos se pueden mencionar los siguientes:

- Preferiblemente, se deben seleccionar plantas de porte bajo, y de corta o mediana duración.
- El cultivo intercalado debe estar a 1,5 m del principal.
- La nutrición mineral de los cultivos intercalados debe realizarse con las fertilizaciones específicas para estos.
- El cultivo intercalado debe irse retirando hacia el centro de la calle a medida que el cultivo principal se va desarrollando.

Tradicionalmente, los productores de cítricos han empleado diversos cultivos para el establecimiento de las plantaciones en varias regiones de Colombia, y entre los frutales más utilizados se encuentran la piña, el maracuyá y el plátano. En el piedemonte del Meta y en la altillanura, AGROSAVIA ha utilizado cultivos intercalados para el establecimiento de cítricos, dentro de los cuales ha estado la lima ácida Tahití.

En la tabla 11 se presenta la información de los frutales de ciclo corto intercalados en el establecimiento de cítricos, y en la tabla 12 se exponen los resultados de cultivos anuales y de abonos verdes (Orduz-Rodríguez & Velásquez, 2003). Estos datos corresponden a una distancia de plantación de 8 x 5, u 8 x 6 m entre plantas.

Tabla 11. Frutales intercalados con cítricos en el piedemonte del Meta y la altillanura plana de Puerto Gaitán

Especie frutal	Número de plantas/hectárea	Arreglos utilizados y recomendaciones	Paisaje
Piña	29.700	Surcos dobles de 55 x 30 cm entre plantas y 90 cm entre calles. 6 filas dobles por fila de cítricos. Si la floración se induce al final de la temporada lluviosa, es necesario aplicar riego.	Altillanura y piedemonte del Meta
Papaya	1.200	Surcos dobles de 2 x 2 m en triángulo. Necesita riego en la época seca.	Altillanura y piedemonte del Meta
Maracuyá	220	2 espalderas a 2,50 m y plantas a 5 m. Necesita riego en la época seca.	Altillanura y piedemonte del Meta
Plátano	2.400	Filas dobles de 2,5 m x 2 m y 2 plantas por sitio. Necesita riego en la época seca.	Piedemonte del Meta, Arauca y Casanare

Fuente: Elaboración propia

Las plantaciones de frutales son las que presentan las mejores condiciones para ser utilizadas como cultivos intercalados en el establecimiento de los cítricos, debido a que permiten especializar la finca y el recurso humano en fruticultura, además de contribuir en el aprendizaje de la comercialización. Adicionalmente, de todos los cultivos evaluados, fueron los que presentaron la mayor rentabilidad. Como desventaja, se puede mencionar el riesgo de que se descuide el cultivo principal, por el interés que demanda, a corto plazo, el cultivo intercalado.

En zonas de ladera, el plátano, el maracuyá y la piña se utilizan como cultivos intercalados. Por otro lado, en la altillanura colombiana se aconseja el cultivo de la variedad de arroz Oryzica Sabana 10, con corrección de la acidez y en

condiciones de secano. Para el cultivo de maíz y soya se usan las variedades recomendadas para estas condiciones (tabla 12).

Tabla 12. Cultivos transitorios y abonos verdes sembrados en el piedemonte del Meta y en la altillanura plana de Puerto Gaitán

Cultivo o abono verde	Cantidad de semilla (kg/ha)	Sistemas de siembra
Arroz Oryzica Sabana 10	100	Labranza cero
Soya	80	Labranza cero
Maíz	30	Labranza cero
Maní forrajero	8	Labranza cero
Crotalaria	40	Labranza cero
Caupí	40	Labranza cero

Fuente: Elaboración propia

El establecimiento y la cosecha de estos cultivos se pueden hacer de forma mecanizada durante los dos primeros años. Se debe tener cuidado con las aplicaciones de herbicidas e insecticidas en estas plantaciones, para no afectar las plantas de lima ácida Tahití en proceso de establecimiento.

Desde el punto de vista económico, en el ejercicio realizado por AGROSAVIA en el piedemonte del Meta y la altillanura plana cercana a Puerto Gaitán, la piña registró la mayor rentabilidad, seguida por el maracuyá, luego por la papaya y el plátano, y después por los cultivos transitorios.

En el caso del establecimiento de abonos verdes como la crotalaria y el kudzu, estas leguminosas tienen un carácter temporal y su ventaja radica en su competencia con las malezas, la fijación de nitrógeno en el suelo, y el mejoramiento de la aireación y de las características físicas y biológicas del cultivo.

Por su parte, la siembra de maní forrajero en el piedemonte del Meta tiene carácter perenne, presenta un sobresaliente comportamiento como cobertura verde en los cultivos de cítricos en estas condiciones ecológicas, y se han demostrado sus bondades para el control de malezas, por la disminución de los costos de manejo, así como para el mejoramiento del suelo (Rincón & Orduz-Rodríguez, 2004). También se han evaluado otras especies de coberturas para

esta región (Orduz-Rodríguez, Calderón, Bueno, & Baquero, 2011), incluyendo diferentes especies de pastos para su uso como forraje.

Agradecimientos

En la obtención de la información acerca del establecimiento de cítricos en los campos experimentales de AGROSAVIA en los Llanos Orientales se contó con los aportes del ingeniero agroforestal Heberth Velásquez y los colaboradores: Capitolino Ciprian, Alfredo Pardo y David López. El autor también agradece a los miembros del CI Palmira, el doctor Takumasa Kondo, investigador sénior, y el biologo Yeison David López-Galé; así como a la ingeniera Astrid Lorena Muñoz López, del CI La Libertad, por contribuir en la revisión del escrito.

Referencias

Coelho, Y. S. (1993). *Lima ácida "Tahití" para exportação. Aspectos técnicos da produção.* Brasilia, Brasil: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

Hernández, D., Mateus, D., & Orduz-Rodríguez, J. (2014). Características climáticas y balance hídrico de la lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) en cinco localidades productoras de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *8*(2), 217-229.

Medina, C., & da Silva, J. (2003). Implantação do pomar e tratos culturais. En D. Mattos, J. de Negri & J. Figueiredo (Eds.). *Lima ácida Tahití* (pp. 47-65). Campinas, Brasil: Instituto Agronômico.

Morín, C. (1985). *Cultivo de cítricos*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Munévar, F. (2004). Criterios agroecológicos útiles en la selección de tierras para nuevas siembras de palma de aceite en Colombia. *Revista Palmas*, *25*(especial), 148-159.

Orduz-Rodríguez, J. (1997). *Algunas recomendaciones para el establecimiento de plantaciones de frutales en los Llanos Orientales* (Información técnica N.º 13). Villavicencio, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

Orduz-Rodríguez, J., Calderón, C., Bueno, G., & Baquero, J. (2011). Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras como coberturas y su influencia en el control de malezas en el establecimiento de cítricos en el piedemonte del Meta. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *12*(2), 121-128.

Orduz-Rodríguez, J., & Velásquez, H. (2003). Alternativas de cultivos intercalados para el establecimiento de plantaciones de cítricos en el piedemonte del departamento del Meta. *Achagua*, *7*(9), 34-38.

Rincón, A., & Orduz-Rodríguez, J. (2004). Usos alternativos de *Arachis pintoi:* ecotipos promisorios como cobertura de suelos en el cultivo de cítricos. *Pasturas Tropicales*, *26*(2), 2-8.

Capítulo VIII
Prácticas culturales en el cultivo de lima ácida Tahití

Javier Orlando Orduz-Rodríguez, Jairo López González
y Heberth Augusto Velásquez Ramírez

La citricultura moderna busca obtener las tasas de retorno más rápidas y mejorar la rentabilidad de las explotaciones, para lo cual es fundamental el uso óptimo de los insumos y las mejores prácticas de manejo para las condiciones ecológicas donde se desarrolla el cultivo.

Para el establecimiento y apropiado manejo de un cultivo de lima ácida Tahití, es necesario el conjunto de todos los procesos de planeación relacionados con la selección y adecuación de los suelos; la corrección de la acidez y de la salinidad donde se considere necesario; la plantación de árboles de buena calidad sanitaria, injertados sobre un patrón determinado; la selección de las distancias de plantación; el manejo del riego y las prácticas de fertilización, así como el manejo fitosanitario.

Todo lo anterior debe ir acompañado de oportunas prácticas de manejo. A continuación, se enumeran y explican las principales prácticas que se desarrollan.

Preparación del lote para el establecimiento del cultivo

Después del proceso de selección de la región y los lotes apropiados para el cultivo, se deben implementar una serie de labores orientadas a la adecuación del terreno, la preparación del suelo y el establecimiento del cultivo (véase el capítulo VII). Dentro de estas labores se pueden mencionar las siguientes:

- Desbrozar el lote, cortando y retirando los arbustos y las malezas.
- Despejar el terreno de materiales que obstaculizan las labores de mecanización.

- Determinar la topografía, altimetría y planimetría del lote, para establecer los drenajes y los trazados de los bloques del cultivo, las calles de servicio y la orientación de las filas de los árboles.
- Mecanizar el lote, con lo cual se busca eliminar las restricciones físicas (hardpan y claypan) que limiten el apropiado desarrollo del sistema radical. Los expertos de suelos y del cultivo determinan estas labores, y en ellas se utilizan cincel fijo y/o vibratorio.
- Corregir las limitaciones químicas de los suelos, la acidez subsuperficial y la salinidad.
- Preparar el suelo para el establecimiento del cultivo. En esta labor se analizan la textura, la humedad y la profundidad de los horizontes del suelo (para ello se utilizan los arados de vertedera y de discos, y los diferentes tipos de rastra), la pendiente y los antecedentes del lote.
- Determinar el arreglo y la densidad de plantación, teniendo en cuenta el patrón utilizado, la fertilidad del suelo y la climatología local.
- Definir el trazado. Es conveniente marcar con una estaca el sitio donde va a quedar cada planta; posteriormente, se pueden distribuir las plántulas que se van a trasplantar en cada jornada. Si la plantación es mecanizada, esta distribución se hace utilizando la maquinaria indicada.
- Determinar el tipo de arreglo. El arreglo que permite la mayor eficiencia para las labores de cultivo es el rectangular, con una distancia entre filas que puede ser de 8, 7 o 6 m y de 6, 5 o 4 m entre plantas. Los arreglos en cuadro o al tresbolillo solo se recomiendan para huertos familiares, o pequeños cultivos que no necesitan mecanización. En lotes ubicados en zonas de ladera, se deben utilizar curvas de nivel, respetando las distancias de plantación.

Ahoyado y trasplante

Después de llevar a cabo el trazado, se procede a hacer el ahoyado y el acondicionamiento del suelo para colocar la plántula proveniente del vivero, teniendo en cuenta la textura del suelo, el nivel freático, las labores de mecanización y la tradición en la región. A continuación, se exponen algunas de las principales formas de hacer el ahoyado.

- Se pueden realizar hoyos con una dimensión de 40 cm de profundidad y 40 cm de ancho. El suelo retirado se mezcla con correctivos y materia orgánica compostada, que se colocan abajo y a los lados de la plántula, con el fin de proporcionarle la altura apropiada al cuello de esta (figura 46).
- En terrenos planos, los productores hacen el trasplante en caballones. Esta metodología permite defender la planta en lotes donde, de manera temporal, se presentan condiciones de nivel freático alto, o donde después de las precipitaciones el drenaje se demora, por textura o por pendiente (figura 47).
- En condiciones de la terraza alta del piedemonte llanero del Meta y del Casanare, en suelos con textura franca y en lotes donde se han realizado la corrección de la acidez del suelo y los drenajes superficiales, ha funcionado bien el trasplante abriendo hoyos de 30 x 30 cm a los lados y una profundidad de 25 cm. Este tamaño del hueco solo permite colocar el cespedón de la planta, que posteriormente se rellena con el suelo retirado, hasta que la plántula quede firme en el lugar seleccionado.

Foto: Jairo López-González

Figura 46. Ahoyado y trasplante de lima ácida Tahití.

Foto: Jairo López-González

Figura 47. Trasplante de lima ácida Tahití en caballones.

Cuidados que se deben tener en cuenta en el trasplante

- Retirar la bolsa plástica de la etapa de vivero de la planta de la forma correcta, ya que no hacerlo puede ocasionar daños al desarrollo radical. El plástico debe recogerse para depositarlo en los sitios de reciclaje.
- Evitar el trasplante escalonado en diferentes épocas dentro del mismo lote.
- Utilizar material vegetal procedente de viveros registrados ante el ica, y con multiplicación de plantas con calidad genética y sanitaria garantizadas.
- Utilizar patrones o portainjertos recomendados para la especie lima ácida Tahití. Es necesario que sean tolerantes a enfermedades, que contribuyan a la estructura del árbol y al desarrollo de la planta, y que induzcan un buen rendimiento y calidad del fruto, de acuerdo con el mercado de destino (véase el capítulo IV).
- Cuidar que el nivel de la plántula trasplantada quede 5 o 10 cm por encima del suelo, con el fin de que el cuello de la planta permanezca protegido de encharcamientos temporales o exceso de humedad, ya que estos tejidos de las plantas son los más susceptibles a Phytophthora.

Tutorado y podas

Tutorado

Se trata de la guía o conducción del tallo de la plántula, durante los primeros 6 meses después del trasplante, para que tenga un crecimiento vertical y una formación adecuada, así como una distribución uniforme de las ramas de la copa, que permita implementar la poda de formación de manera efectiva (figura 48).

Foto: Jairo López-González

Figura 48. Tutorado durante el inicio del crecimiento del árbol.

Poda de formación

Esta práctica tiene como fin conformar la estructura de la planta que va a sostener su desarrollo vegetativo y productivo (Pinto, Sousa, & Vargas-Ramos, 2004), y que va a permanecer hasta la finalización del cultivo. Debe iniciarse en el vivero, continuarse después del trasplante, y terminarse en el periodo vegetativo previo al inicio de la producción.

Con esta poda, se pretende que el árbol desarrolle una estructura fuerte, que le permita soportar la fuerza de los vientos, y el peso de las ramas y de los frutos

en las épocas de mayor producción. También tiene como objetivo que el tallo principal permanezca erecto y libre de chupones (de patrón y de copa), hasta una altura de 70 a 80 cm.

El corte del tallo principal permite romper la dominancia apical de la planta y forzar que se desarrollen brotes debajo del corte. De estos brotes se seleccionan tres o cuatro, ubicados de forma alterna y bien distribuida alrededor del tallo, con una distancia entre ellos de 4 a 5 cm, con el fin de evitar el rompimiento del tronco en la etapa productiva.

En el estado de Veracruz (México) se recomienda volver a despuntar estas ramas entre 12 y 15 cm, para obligar a que se formen nuevas ramas que configuren la copa (Curti-Díaz, Loredo-Salazar, Díaz-Zorrilla, Sandoval-Rincón, & Hernández, 2000).

Esta poda termina en la fase vegetativa, con los segundos o terceros crecimientos en los que se tengan de 10 a 12 ramas bien distribuidas (basadas en las tres o cuatro ramas seleccionadas inicialmente) y espaciadas, que sostendrán la copa del árbol en su etapa productiva (Pinto et al., 2004).

Poda en la etapa de desarrollo

En esta fase se busca que la planta se prepare para la etapa productiva, manteniendo los crecimientos orientados a la producción, al evitar la poda excesiva, que puede retardar la producción (Curti-Díaz et al., 2000). En esta etapa es importante la eliminación de los chupones o brotes del patrón y de las ramas bajas de la planta.

Es recomendable quitar los chupones de forma temprana y manualmente, ya que hacerlo de manera tardía permite que se vuelvan leñosos y que, al quitarlos, las plantas sufran heridas, lo que obliga a aplicar productos para protegerlas. En el caso de ramas cruzadas, se deben dejar las que tengan mejor orientación y desarrollo vegetativo, y estén sanas.

Poda sanitaria y de mantenimiento

Es necesario continuar eliminando chupones del patrón y de la copa, así como las ramas improductivas dentro de la copa y las de crecimiento vertical, que tienen dominancia apical y tampoco son productivas. En ramas cruzadas, se recomienda favorecer la más vigorosa, con más follaje y la mejor orientación (McCarthy et al., 1974).

De igual forma, y por lo menos una vez al año, se deben eliminar las ramas enfermas, o que tengan un crecimiento deficiente o limitaciones nutricionales. Es necesario quitar las ramas bajeras, que impiden realizar adecuadamente las labores de fertilización y de control de malezas, y se deben dejar a una altura mínima de 40 cm del suelo (Campbell, 1979). Por lo general, cuando se forman frutos en esas ramas, tienden a tocar el suelo, lo que afecta su presentación comercial.

Poda en la etapa productiva

En esta fase, la poda busca mantener la sanidad del follaje de la planta, eliminar las ramas improductivas y propiciar el desarrollo vegetativo directamente relacionado con la producción (Curti-Díaz et al., 2000).

Cuando la fruta está orientada al mercado de exportación, es importante tener presente la necesidad de que tenga una coloración verde intensa y que no presente sectores pálidos, conocidos como golpes de sombra. Para lograrlo se hace énfasis en la selección del patrón, la nutrición mineral y la poda.

Los frutos de lima ácida Tahití se utilizan para coctelería en los mercados de Europa y para decoración en los de Japón y Corea (Curti-Díaz et al., 2000). Por tal motivo, las prácticas de poda en plantas adultas pretenden mejorar la penetración de la radiación dentro de la copa, en especial en la parte baja, para obtener un mayor porcentaje de fruta de color verde intenso.

Para superar las limitaciones en la entrada de la radiación dentro de la copa, se han desarrollado dos estrategias, con el fin de que los frutos reciban mayor radiación en la etapa de crecimiento y de madurez comercial, y mejoren su coloración.

Por un lado, la poda de descope consiste en eliminar la parte alta de la copa, en la cual se quitan las ramas superiores, de tal forma que la radiación alcance los frutos que se encuentran tanto en lo alto como dentro de la copa.

Por otro lado, la poda lateral busca quitarle a la planta su forma natural redondeada, realizando cortes laterales, con ángulos de 20 a 30 grados respecto a la vertical, de acuerdo con la recomendación de Campbell (1979) para Florida, o de 10 a 15 grados, según Sosa y Pino (1986), para Cuba.

En esta poda el operario corta los brotes de los nuevos crecimientos, y con ello se busca que la planta adquiera forma de pino, que permite la iluminación del área inferior y contribuye a una mejor distribución del fruto en la parte baja de la copa y, por consiguiente, a una mejor coloración y calidad externa. Debe iniciarse en la etapa de formación y continuarse en los años siguientes.

En la figura 49 se muestran fotografías de estas dos prácticas de poda, que son utilizadas en cultivos comerciales de la región de Martínez de la Torre en el estado de Veracruz (México), la principal exportadora de lima Tahití de las Américas, como lo afirman Curti-Díaz et al. (2000), cuyo manual presenta la información de la poda recomendada para esa zona.

Las herramientas que se usan en las podas deben desinfectarse con hipoclorito de sodio, para evitar la diseminación de enfermedades de árbol a árbol. Al final de la jornada, es necesario limpiarlas con una mezcla de 60 ml de citrolina, 100 ml de vinagre y 340 ml de agua, con el fin de evitar la actividad corrosiva del desinfectante (Curti-Díaz et al., 2000).

Foto: Jairo López-González

Figura 49. Poda lateral de lima ácida Tahití, con el fin de mejorar la coloración del fruto para el mercado de exportación. Cultivo para ese mercado en el municipio Martínez de la Torre, estado de Veracruz (México).

Manejo y control de arvenses (malezas)

En las diferentes regiones productoras de cítricos en Colombia, los cultivos presentan una fuerte presión de arvenses, algunas de ellas con características de malezas. Esta situación es más severa en regiones húmedas o en lotes que provienen de pasturas o cultivos transitorios. Estas plantas tienen un rápido crecimiento y una alta acumulación de materia seca, y presentan mecanismos muy eficientes de multiplicación.

Si no se implementa su control, terminarán afectando el desarrollo de las plantas de lima ácida Tahití, por la competencia por agua y nutrientes. Esta situación causa un aumento de los costos de producción, pues disminuye la eficiencia de las labores de manejo del cultivo, como la aplicación de correctivos y fertilizantes, del manejo sanitario y de podas, así como de las actividades de cosecha.

Por tal razón, es importante establecer una estrategia respecto a estas arvenses malezas, que involucre el uso de arvenses nobles, que son plantas de bajo porte, preferiblemente leguminosas, y que permiten proteger el suelo del impacto de la lluvia y de las pérdidas de suelo por erosión.

En condiciones tropicales es fundamental mantener la cobertura del suelo, ya sea con vegetación nativa (seleccionando especies nobles) o con coberturas vegetales, con el fin de proteger los componentes del suelo del exceso de precipitaciones y las temperaturas extremas (Coelho, 2004).

Las coberturas vivas se pueden plantar en la fase de establecimiento o en la de desarrollo del cultivo. Es importante que antes de tomar la decisión se busquen recomendaciones de carácter regional, con el fin de que estas plantas sean las adecuadas para las condiciones ecológicas donde se encuentra el cultivo.

Por ese motivo, las sugerencias de manejo deben provenir de un técnico que analice la problemática del lote, contemplando sus antecedentes, la población de arvenses y de malezas y las características de estas coberturas vivas, entre otros factores.

Con ese diagnóstico, se elabora una estrategia para el manejo de malezas y de arvenses nobles, en la cual se consideren aspectos como la aplicación de herbicidas antes del trasplante, la siembra de coberturas vegetales o la selección de arvenses nativas, el manejo del área de plateo de los árboles, el uso de guadaña manual o mecánica, entre otros.

Manejo de arvenses en el área de plateo

Consiste en la limpieza de la zona de desarrollo radical, comprendida entre el tallo del árbol y un área de 50 cm alrededor de la gotera del mismo, que es el lugar preponderante para la aplicación de los abonos orgánicos, los fertilizantes edáficos y el riego. Esta labor se realiza manualmente con machete o guadaña, o mediante la utilización de herbicidas como el glifosato o el glufosinato de amonio.

Este control permite evitar la excesiva competencia por agua y nutrientes entre las malezas y el sistema radicular del cultivo de lima ácida Tahití. Las raíces de los cítricos tienen una alta demanda de oxígeno para obtener altos niveles de fotosíntesis. Además, las plantas desarrollan un sistema radicular superficial (Coelho, 2004), en el cual se ha estimado que, en el caso de la naranja, el 46 %

de las raíces están en los primeros 15 cm de profundidad y el 60 % en los primeros 30 cm (Moreira, 1983) (figura 50).

Foto: Jairo López-González

Figura 50. Plateo de árbol de lima ácida Tahití. Esta labor es necesaria para la fertilización, con el fin de evitar la competencia de las malezas con las raíces absorbentes ubicadas dentro y fuera de la zona de goteo.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es que los cítricos tienen una baja capacidad para desarrollar pelos radiculares, lo que los convierte en deficientes competidores frente a las malezas en la absorción de agua y nutrientes. Se recomienda que al inicio de las lluvias se use un herbicida, con el fin de debilitar las arvenses, y que posteriormente se utilice una guadaña manual dos o tres veces al año, de preferencia antes de la aplicación de los correctivos y los fertilizantes.

Es necesario que los controles con guadaña sean cuidadosos, para evitar daños al tronco o a las raíces superficiales; de igual forma, se debe tener un cuidado extremo en la protección del personal que realiza esta labor, la cual debe cumplir con todas las normas y equipos recomendados para estas actividades.

La guadaña es la herramienta más común para esta actividad, pues permite conservar las especies nobles, como el maní forrajero y algunas gramíneas, que

cumplen la función de cobertura del suelo en el área de las calles (figura 51). Por lo general, esta práctica se hace cada dos o tres meses, dependiendo de la fertilidad del suelo y el comportamiento meteorológico anual.

Foto: Jairo López-González

Figura 51. Control manual de malezas con guadaña.

Para el manejo de arvenses en las calles o entre filas, es conveniente que en esta área se eliminen (mediante control químico, herbicidas sistémicos o productos específicos) los pastos agresivos, como los diferentes tipos de Brachiaria (*Brachiaria* sp.), la caminadora (*Rottboellia exaltata*) o el coquito (*Cyperus* spp.), malezas muy agresivas en cultivos anuales.

Si las poblaciones de estas plantas no se erradican desde un principio, los costos de manejo son muy altos en el futuro. Después de suprimir estas malezas, hay dos opciones. En primer lugar, se pueden seleccionar arvenses nobles, utilizando el selector de arvenses de un herbicida sistémico y complementarlo posteriormente con el control mecánico, ya sea con guadaña manual o de tractor, dependiendo del tamaño de los lotes.

En segundo lugar, se pueden establecer coberturas vivas, preferiblemente de leguminosas, para que cubran el área entre las filas, en conjunto con otras

arvenses nativas. Esto redunda en la reducción de la frecuencia y los costos del control, y la disminución o eliminación del uso de herbicidas en esta área.

La segunda estrategia se ha establecido en los cultivos comerciales de cítricos en el CI La Libertad, en Villavicencio, con la utilización de maní forrajero perenne (*Arachis pintoi*), y se han evaluado otras opciones, tanto de gramíneas como de leguminosas.

En la figura 52 se presentan los costos de establecimiento y mantenimiento del maní forrajero perenne como cobertura viva, en comparación con aquellos del sistema tradicional de Brachiaria y otras especies en el piedemonte del Meta, en el séptimo año después del establecimiento del cultivo (Orduz-Rodríguez, Caicedo, Rincón, & Velásquez, 2003).

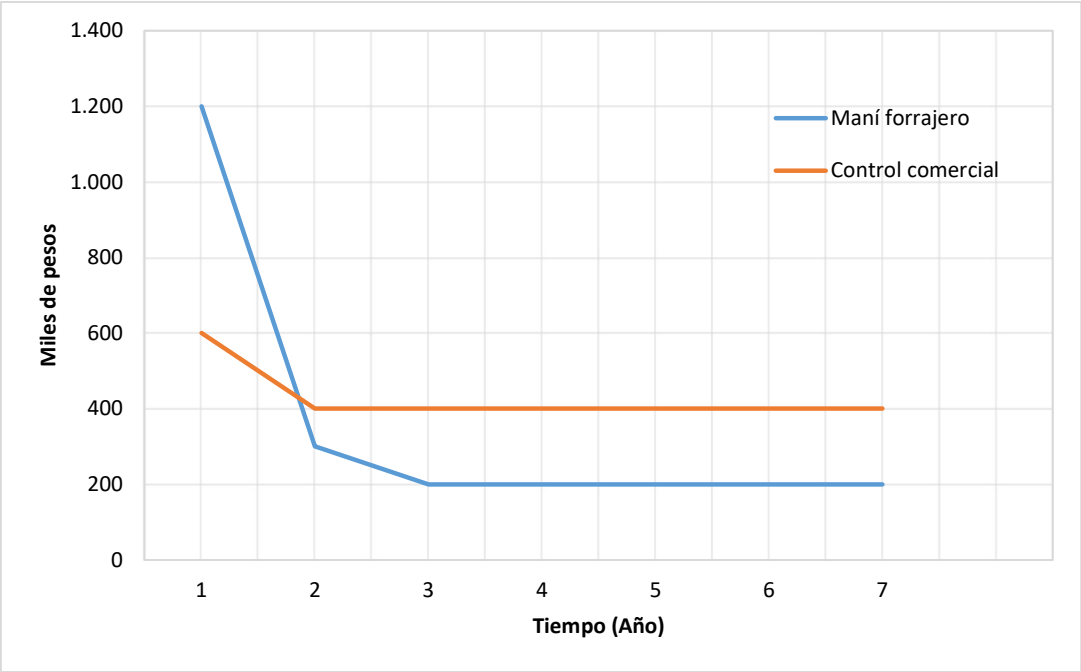


Figura 52. Comparación de costos del manejo de malezas con maní forrajero perenne (Arachis pintoi) y el sistema tradicional, en el piedemonte del Meta (miles de pesos).
Fuente: Orduz-Rodríguez et al. (2003)

En la figura 53 se observa el maní forrajero como cobertura viva en el cultivo de lima ácida Tahití, en suelos de la terraza alta del piedemonte del Meta. Asociadas con el maní se encuentran arvenses nobles nativas con hábito rastrero, lo que facilita el manejo del cultivo.

Foto: Javier Orlando Orduz-Rodríguez

Figura 53. Cobertura viva de maní forrajero perenne (*Arachis pintoi*) en un huerto de cítricos del CI La Libertad de agrosavia.

Vale la pena analizar en la figura el manejo de las coberturas en el área de plateo del cultivo. En esta zona se aplica un herbicida sistémico una vez al año, al inicio de las lluvias, y los controles posteriores se hacen con guadaña manual, y entre las filas con guadaña de tractor.

Finalmente, en la tabla 13 se presentan los resultados de la evaluación de coberturas de leguminosas y gramíneas en las calles de cítricos, comparados con el tratamiento convencional, en las condiciones ambientales del piedemonte del departamento del Meta, dos años después de establecidas (Orduz-Rodríguez et al., 2011).

Tabla 13. Porcentaje de cobertura en el suelo de gramíneas y leguminosas, en cultivos de cítricos en el piedemonte del Meta

Tratamiento	60 dde	110 dde	328 dde	753 dde	Promedio
Desmodium ovalifolium	64,3 bc	88,0 b	99,0 ab	98,0 a	87,33
Paspalum notatum cv. Maquenque	74,0 abc	92,6 ab	99,3 ab	99,3 a	91,3
Brachiaria dictyoneura cv. Llanero	86,0 ab	92,0 ab	100 a	100 a	94,5
Arachis pintoi ciat 18744	89,6 a	99,0 a	100 a	99,3 a	96,98
Herbicida	71,0 abc	84,6 b	96,6 b	75,6 b	81,95
Guadaña + herbicida	68,3 abc	90,0 ab	98,3 ab	88,6 ab	86,3
Brachiaria brizantha cv. Toledo	62,0 c	87,3 b	100 a	99,6 a	87,23
Panicum maximum CIAT 36000	85,3 ab	99,0 a	100 a	99,6 a	95,98
CV (%)	10,2	3,9	1	7	
DMS	22,2	10,5	3	19	

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba dms ($p \leq 0,05$)
Fuente: Orduz et al. (2011)

Donde:
dde = días después de establecimiento
CV (%) = coeficiente de variación de los datos
DMS = diferencia mínima significativa

Referencias

Campbell, C. (1979). *Tahiti lime production in Florida* (Cooperative Extension Service Bulletin 187). Gainsville, EE. UU.: Universidad de Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences.

Coelho, Y. S. (2004). Tratos culturais. En A. Fonseca (Ed.). *Cultivo dos citros* (44-53). Cruz das Almas, Brasil: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

Curti-Díaz, S., Loredo-Salazar, X., Díaz-Zorrilla, U., Sandoval-Rincón, J., & Hernández, H. (2000). *Tecnología para producir limón Persa* (Libro técnico N.º 8). Veracruz, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

McCarthy, C., Boswell, S., Burns, R., Platt, R., Opitz, K., & Lewis L. (1974). *Pruning citrus trees*. Oakland, EE. UU.: Universidad de California.

Moreira, C. (1983). Estudo da distribuição do sistema radicular da laranjeira "Pêra" (Citrus sinensis, Osbeck) com diferentes manejos do solo (Tesis de maestría). Universidad de São Paulo, Piracicaba, Brasil.

Orduz-Rodríguez, J., Caicedo, S., Rincón, A., & Velásquez, H. (2003). Uso y manejo del maní forrajero (*Arachis pintoi*) como cobertura viva en plantaciones de cítricos. *Achagua, 7*(9), 33-37.

Orduz-Rodríguez, J. O., Calderón, C. L., Bueno, G., & Baquero, J. E. (2011). Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras como coberturas y su influencia en el control de malezas en el establecimiento de cítricos en el piedemonte del Meta. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *12*(2), 121-128.

Pinto, A., Sousa, E., & Vargas-Ramos, V. (2004). *Tecnologia de produção e comercialização da lima-ácida "Tahiti", da goiaba e do maracujá-azedo para o cerrado*. Planaltina, Brasil: EMBRAPA.

Sosa, J., & Pino, M. (1986). Comportamiento de los árboles de lima persa (*Citrus latifolia* Tan.) sometidos a la poda lateral y *topping* durante cuatro años. *Memorias Simposio Internacional de Citricultura Tropical*, *2*, 133-141.

Capítulo IX
Riego y drenaje en el cultivo de lima ácida Tahití

Liliana Ríos-Rojas

Los cítricos, y en general las plantas, sufren de estrés hídrico a causa de la baja disponibilidad de agua, lo que repercute en un desarrollo pobre de la plantación, influye de manera significativa en la etapa de llenado del fruto, y afecta el rendimiento y la calidad.

La falta de agua disminuye el tamaño, la cantidad de jugo y el peso de la fruta. Un huerto bien regado y nutrido direcciona de manera eficiente los productos fotosintéticos a la formación de estructuras en toda la planta (Dorado, Grajales, & Ríos, 2015).

En los estudios liderados por AGROSAVIA entre los años 2007 y 2017 se obtuvieron una serie de resultados, que permiten hacer recomendaciones para planificar de forma eficaz el riego y la nutrición en los cultivos de lima ácida Tahití.

Dorado (2011) recomienda planificar el área inicialmente, a partir de la disponibilidad de la fuente hídrica y en época de estiaje, con el fin de minimizar la probabilidad de llegar a situaciones de estrés por déficit hídrico, dada la insuficiencia del recurso en determinadas temporadas del año. El conocimiento de los volúmenes desde la fuente permite controlar las cantidades que se deben regar (modular la aplicación), que a su vez se basan en las necesidades hídricas del cultivo completo.

El requerimiento está directamente relacionado con el consumo hídrico (planta + atmósfera) y obliga a mantener una disponibilidad constante en el suelo, que sea, como mínimo, igual al consumo. En suelos arenosos como los de la zona productora de lima ácida Tahití en el Tolima, la disponibilidad se agota con facilidad, dada la alta demanda (Ríos-Rojas, Correa, Rojas-Marín, & Dorado, 2018).

En la investigación desarrollada por AGROSAVIA (Ríos-Rojas et al., 2018) para suelos arenosos y altos consumos atmosféricos como los del Tolima, se evidencia que el almacenamiento equivale a menos del 5 %, y en promedio se agota en siete horas, cuando alcanza niveles de humedad cercanos al punto de marchitez permanente (PMP). Este factor de agotamiento indica que, para mantener la planta activa durante el periodo de luz, se debe aplicar riego por lo menos dos veces al día, llevando al suelo a tensiones entre 0,3 y 0,5 bares, pues niveles menores de humedad se agotan aún más rápido.

Para el caso de suelos del tipo arcilloso, el almacenamiento es mayor, la humedad reside durante un tiempo más largo, y las frecuencias de riego pueden ser de 24 a 36 horas; este sería el caso de los huertos de Santander y el Valle del Cauca. Ahora bien, esta recomendación no es genérica, e incluso entre fincas de la misma localidad es necesario hacer un seguimiento continuado a la humedad del suelo en el sitio del cultivo (Ríos-Rojas et al., 2018).

Modo de aplicación del agua

El tipo de riego se elige en función de las características del suelo. En suelos arcillosos se debe optar por bajos caudales de emisión, aún más si se trata de cultivos en ladera. Para estos suelos, los emisores ideales son goteros, y la elección del caudal de cada uno de ellos depende de la presión del sistema (bomba y volumen completo para el cultivo).

Es necesario cubrir la zona de raíces completa, lo que implica realizar una prueba de bulbo húmedo, definir el área que puede cubrir cada emisor y así cuantificar el número de emisores o goteros que se requieren alrededor del árbol. Esta prueba se hace instalando un gotero (emisor) y permitiendo que funcione durante un periodo determinado.

En este tiempo (t1, t2, t3…), el área humedecida crece hasta que llega a ser constante en el tiempo *tn* (figura 54). Este *tn* es diferente para cada tipo de suelo y cada caudal del emisor (Ríos-Rojas et al., 2018).

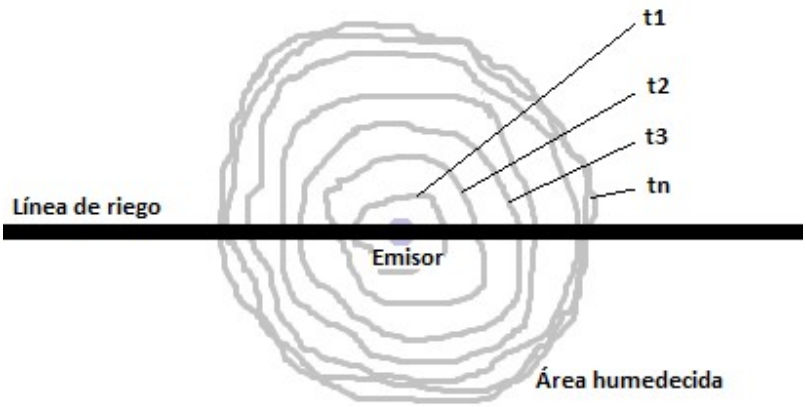


Ilustración: Liliana Ríos-Rojas

Figura 54. Crecimiento en el tiempo del área mojada.

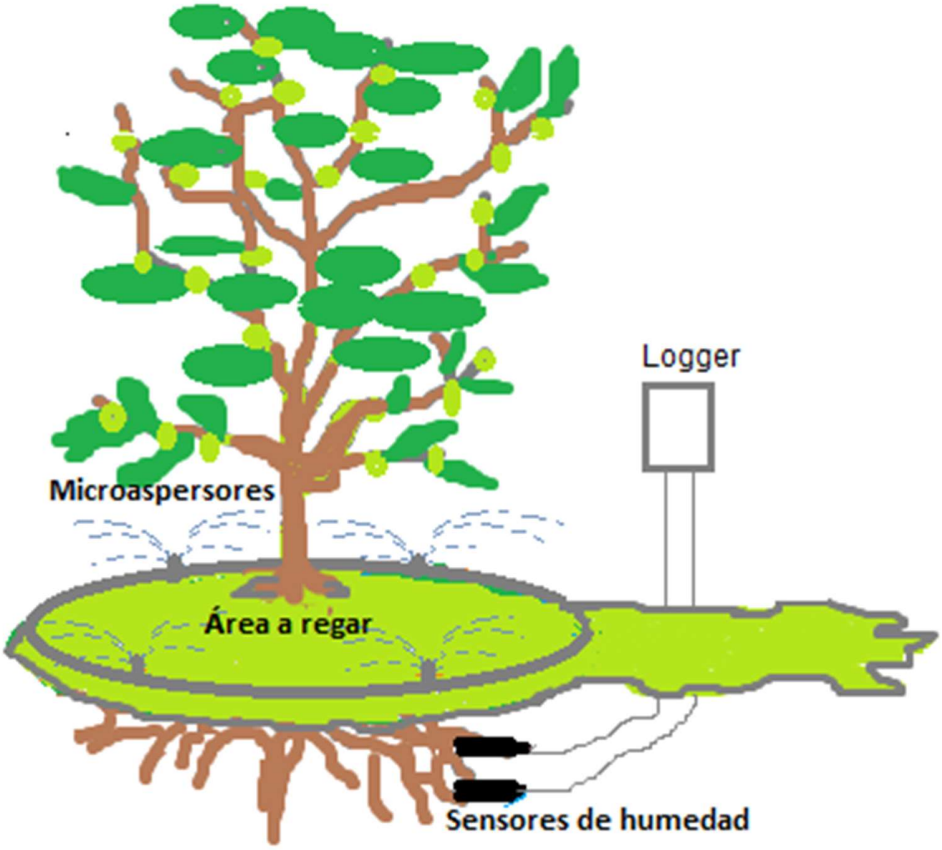
En la figura 55 se puede observar la distribución de los bulbos de humedecimiento, a partir de la cual se define la opción más adecuada de emisores, según el tipo de material granular del suelo. Esta selección es más acertada si se cuenta con un análisis de física de suelos. Para cultivos perennes, en los que el riego se hace alrededor del árbol, se prefiere que cubra la zona completa de raíces, para lo cual se recomienda ubicar los emisores en forma de anillo.

Ilustración: Liliana Ríos-Rojas

Figura 55. Bulbo de humedecimiento según el tipo de suelo.

Para el caso de suelos arenosos con alta capacidad de drenaje, se aconseja el uso de microaspersores. En cualquier condición de suelo, siempre es más recomendable usar bajos caudales en microaspersión, y en este caso, si se tiene la capacidad hidráulica para mover grandes caudales, es preferible instalar un mayor número de emisores para cubrir el área del árbol.

Si se cuenta con una bomba que aporta baja presión, se deben usar microaspersores de bajo caudal, de 25 a 30 l/h. Lo importante es que la aspersión cubra completamente la zona de raíces, y por consiguiente la cantidad de emisores se calcula a partir del área total que se va a regar (plato del árbol), dividida por el área mojada que demarca cada aspersor (figura 56). Los emisores de aspersión de 180° son los más recomendables, para evitar humedecer el tronco del árbol (Ríos-Rojas et al., 2018).



Ilustració: Liliana Ríos-Rojas

Figura 56. Ubicación de emisores y sensores de humedad para el control de riego.

Seguimiento a la humedad del suelo

Ríos-Rojas et al. (2018) recomiendan realizar el control de los periodos y frecuencias de riego usando sensores de humedad del suelo, que permitan cuantificar el tiempo en el que el suelo alcanza la humedad deseada en porcentaje a volumen, previamente caracterizado con la curva de retención de humedad del suelo (CRH), que se determina en un laboratorio de análisis de suelos.

Los sensores de humedad constituyen una herramienta eficiente, que facilita la toma de decisiones en la programación del riego, la cantidad de agua y el momento de aplicarla (Lagunas, 2013).

Por un lado, el periodo de riego es el tiempo en el que, desde una humedad antecedente, el suelo alcanza la capacidad de campo (cc), que es la humedad máxima recomendada para cada tipo de suelo, en huertos comerciales. En suelos pesados, será suficiente regar y mantener la humedad hasta un 80 % de la cc.

Por otra parte, la frecuencia de riego es el tiempo transcurrido entre un riego y otro, y en este caso se recomienda que sea menor a 12 horas en un huerto instalado en suelo arenoso, y no mayor a 48 horas en suelos arcillosos. Sin embargo, la decisión más acertada es hacer un monitoreo de la humedad, y volver a regar cuando se haya consumido el 30 % de la cc, en suelos arenosos. En suelos arcillosos, se puede dejar consumir el 30 % de la humedad, equivalente al 80 % de la CC, en el que se recomienda mantener el suelo, para volver a regar.

Este criterio ha sido ampliamente usado en plantaciones comerciales con fines de exportación, y el monitoreo en huertos tecnificados se realiza con sensores de humedad. El sensor se ubica en la zona de raíces y, si hay posibilidad de instalar dos, se recomienda que el segundo se instale bajo esa zona.

La figura 56 contiene un esquema de la instalación, donde el sensor debería siempre marcar una humedad baja y constante, lo que permite verificar que no se está excediendo el volumen de riego.

En caso de no contar con un sensor de humedad, el análisis se puede hacer con una prueba de humedad gravimétrica, la cual consiste en tomar una muestra representativa del suelo (unos 200 g) antes de regar, y pesarla en una gramera previamente calibrada, con lo que se obtiene el peso de suelo húmedo (PSH).

Una vez que se conoce el PSH, la muestra se lleva a secado, que puede hacerse en un horno convencional o microondas, o en una estufa sobre una superficie metálica o de cerámica. Este proceso debe ser monitoreado, pesando la muestra cada determinado tiempo, que es más corto entre más eficiente es el equipo de secado. En cada ocasión, se cuantifica el peso de suelo seco (PSS) de la muestra, hasta que sea constante. Cuando esto se logra, se aplica la siguiente fórmula:

$$W(\%) = \left[\left(\frac{(PSH - PSS)}{PSS}\right) X\ Da\right] X\ 1000$$

Donde la *Da* es la densidad aparente, que se obtiene mediante un análisis físico de suelos, realizado en un laboratorio especializado.

Es necesario tener en cuenta que la gramera debe estar disponible para realizar el pesado de la muestra, inmediatamente después de que se retire de la fuente de calor, para que no gane humedad proveniente del ambiente.

De este modo se obtiene el porcentaje de humedad con base en el volumen, que debe ser comparado con el valor de 0,3 cc, para suelos arenosos, y 0,3 * (0,8 cc) para suelos arcillosos, antes de volver a regar. De no haberse consumido la humedad a este límite, no se riega, y se espera hasta que se alcance este valor. Ahora bien, si se ha consumido o superado el límite, se debe regar de inmediato. Se requiere regar hasta 1 cc en suelos livianos y hasta 0,8 cc en suelos pesados.

En caso de no poseer los medios para realizar la cuantificación del contenido de humedad del suelo, se permite regar por lo menos dos veces al día en sitios cálidos y con suelos arenosos (Ríos-Rojas et al., 2018). El primer riego se debe hacer en horas de la mañana, poco antes de la salida del sol, y el segundo siete horas después, en horas de luz.

Si hay precipitaciones, se debe tomar el evento como un riego, y regar 7 horas después si no vuelve a llover durante ese periodo. Siempre es necesario consultar el contenido de humedad del suelo. Esta recomendación es obligatoria para cualquier tipo de suelo y en cualquier régimen climático (Ríos-Rojas et al., 2018).

Tiempo y volumen de riego

En la determinación del tiempo y el volumen de riego, intervienen varios elementos y cálculos. En primer lugar, en lo que respecta al tiempo, se debe conocer el volumen de raíces (Vra), compuesto por el área a regar (A) y la profundidad de raíces (P), ambas medidas en metros (m). Así, el volumen de suelo (Vs) resulta de la siguiente fórmula:

$$Vs\ (m^3) = A\ (m^2)\ X\ P\ (m)$$

Es necesario recordar que la capacidad de campo (cc) representa el porcentaje del Vs que contiene agua, y que su valor ya se conoce, pues ha sido definido en el laboratorio, con la CRH. Así:

$$Vr = Vs\ X\ CC$$

Donde: *Vr* es el volumen por regar.

Si se desea llevar al suelo a la cc o a un porcentaje de esta (80 % para suelos arcillosos), el Vr deberá ser además operado por ese porcentaje. En suelos arenosos, se riega hasta la cc y en arcillosos hasta el 0,8 de la cc.

Por su parte, el tiempo de riego (t) para cumplir con el Vr, dependerá del caudal de emisión:

$$Qe\left({}^{L}/_{h}\right) = Qemisor\ X\ \#\ de\ emisores$$

Dado que 1 m^3 = 1000 L

$$t(\min) = \left[Vr(m^3)\ X\ \frac{10000(L)}{Qe\left(L/_h\right)} \right] X\ 60\ \left(min/_h\right)$$

Si se poseen sensores de humedad, es suficiente consultar el valor de la humedad del suelo y regar cuando el nivel esté debajo del 0,7 de la cc para arenas, o 0,7 × (0,8 cc) para arcillas.

No es recomendable regar con base en la ETo (evapotranspiración de referencia), ya que la lámina de consumo cuantifica solo la demanda atmosférica y no considera la disponibilidad hídrica, definida por la capacidad de almacenamiento del suelo, que en los suelos arenosos es muy baja y en los arcillosos muy alta.

Hacer un manejo conjunto, cuantificando el consumo (ETo) y la disponibilidad, permite ajustar de mejor manera el programa de riego. Tal como se ha mencionado, un suelo arenoso no puede ser regado con la misma frecuencia y periodo que uno arcilloso. Incluso para una misma especie y condición climática, el riego debe ser calculado de manera diferencial y en función del tipo de suelo.

En frutales leñosos, es necesario tener en cuenta que la humedad debe cubrir el mayor volumen de raíces absorbentes posible, por lo cual, se requiere conocer la ubicación del sistema radical completo. La exploración de raíces se puede hacer con una calicata o un barreno (Ríos-Rojas et al., 2018).

Dentro de las expectativas para la zona de producción de cítricos, se encuentra el hecho de lograr que el 100 % de las plantaciones se manejen con riego presurizado. Se recomienda que los productores realicen análisis físicos de suelos para cuantificar la CRH (CC y PMP), la densidad aparente, la textura y la estructura, parámetros con los que se logra una mejor selección del sistema de emisión del riego.

En suelos arcillosos de ladera, el uso de riego por goteo, con emisores de bajos caudales, que no superen los 8 L/h, es una condición obligada. En los arenosos se debe preferir el riego por microaspersión, que permite, entre otras ventajas, una mayor eficiencia de aplicación, economía de agua, disminución de costos de mano de obra para el manejo de malezas, y la oportunidad de utilizar fertirriego.

El uso de sensores de humedad o la realización de la prueba de gravimetría hace posible diseñar un programa más ajustado en lo que se refiere al periodo y la frecuencia de riego (Ríos-Rojas et al., 2018).

Drenaje

De acuerdo con Villón-Béjar (2007), el drenaje es la remoción de los excesos de agua. El drenaje agrícola consiste en un conjunto de técnicas, que permiten eliminar cualquier exceso de agua o sales que se presente en la superficie del suelo o en la zona radicular de los cultivos, con el objetivo de proporcionarles un medio adecuado para su normal desarrollo, y mantener el suelo en condiciones favorables (Villón-Béjar, 2007).

Los cítricos responden al exceso de agua disminuyendo la conductancia estomática y, por tanto, el intercambio gaseoso. Asimismo, este estrés generado por la condición de anoxia provoca una reducción en la conductividad hidráulica de las raíces, que desencadena el bloqueo de procesos metabólicos (Núñez-Vázquez, Dell'Amico-Rodríguez, Pérez-Hernández, & Betancourt-Grandal, 2017), lo cual obstaculiza el crecimiento y la producción.

En algunos ambientes productivos de Colombia, la instalación de los huertos requiere la modificación de las condiciones. En ocasiones, estas modificaciones riñen con la conservación de los recursos, como en el caso de los sumideros (lagunas, lagos o zonas bajas), donde el agua confluye para evaporarse e infiltrarse.

Tradicionalmente, estas zonas adecuadas para cultivos tienen necesidad de drenaje, así como las áreas de influencia continuada de los acuíferos, donde los niveles freáticos altos impiden el adecuado desarrollo de las raíces (Jiménez, Moreno, & Magnitskiy, 2013). Otro factor que también implica drenaje es la acumulación subsuperficial de agua en acuíferos colgados, que ocurren con frecuencia en zonas rocosas de afloración en ladera.

Los huertos citrícolas instalados en alguno de los ambientes antes nombrados necesitan el drenaje, ya que, como lo reportan Hossain, López-Climent, Arbona, Pérez-Clemente y Gómez-Cadenas (2009), el cultivo presenta una alta sensibilidad al estrés hídrico por inundación.

En el caso de los huertos de Santander, típicamente instalados en zonas de ladera, los excesos hídricos discurren tanto de manera superficial como subsuperficial. El drenaje natural con flujos subsuperficiales debe ser bloqueado, dado que es uno de los factores que ocasionan erosión y remoción en masa (Dorado et al., 2015).

El bloqueo de estos flujos se hace cavando zanjas cortaflujo en las zonas altas, a través de la pendiente. En la figura 57 se observa un huerto de lima ácida Tahití en Santander, afectado por un flujo subsuperficial, que causó el desprendimiento del suelo en un sector del huerto, una remoción en masa.

Foto: Jairo López-González

Figura 57. Deslizamiento por mal drenaje en un huerto de lima ácida Tahití en Santander.

Adicionalmente, a través del huerto y en curvas a nivel, se deben hacer canales de poca profundidad, que disminuyan la energía de los flujos en temporada lluviosa. En estos ambientes, permitir las coberturas vegetales de bajo porte es siempre preferible, dado que estas plantas asociadas tienen un efecto de amarre al suelo y minimizan problemas erosivos por excesos hídricos.

Respecto a las obras de drenaje en los huertos con condición topográfica plana, lo más recomendable es hacer siembras en caballones o montículos (figura 58), que ayudan cuando se presentan eventos extremos de exceso de precipitación o de desborde de corrientes hídricas superficiales.

Estas obras también son útiles en sitios donde el nivel freático es alto. Con los camellones se evita hacer obras subterráneas de alto costo de instalación y mantenimiento, y se define mejor el área para la aplicación de riego y fertilización.

Foto: Liliana Ríos-Rojas

Figura 58. Cultivo de cítricos en montículos en Guamo (Tolima).

En huertos que tienen niveles freáticos altos de manera temporal o permanente, se debe considerar la construcción de una red subterránea para la evacuación de los excesos de agua. Por su parte, la napa freática se convierte en una fuente de humedad para el huerto, a causa de los procesos de capilaridad y evaporación, generando ambientes propicios para el desarrollo de enfermedades.

Agradecimientos

Los datos aquí publicados provienen del trabajo conjunto de AGROSAVIA y los productores aliados. En el Tolima se tuvo el apoyo valioso y constante de Matilde Antia, Andrés Rincón, Alfonso Montaña, Fernando Escovar y Nury Triana. En Santander, el autor hace un homenaje a don Hernando Ortiz P. (q. e. p. d.), quien ofreció un total apoyo a su trabajo. Finalmente, se agradece al biólogo Yeison David López-Galé y al doctor Takumasa Kondo, investigador sénior, del CI Palmira, por su valioso apoyo en la edición del documento.

Referencias

Dorado, D. (2011). *Influencia del riego y la fertilización en el rendimiento y calidad de lima ácida Tahití (Citrus latifolia Tanaka)* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.

Dorado, D., Grajales, L., & Ríos, L. (2015). Efecto del riego y la fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de lima ácida Tahití *Citrus latifolia* Tanaka (Rutaceae). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *16*(1), 87-93.

Hossain, Z., López-Climent, M. F., Arbona, V., Pérez-Clemente, R. M., & Gómez-Cadenas, A. (2009). Modulation of the antioxidant system in citrus under waterlogging and subsequent drainage. *Journal of Plant Physiology*, *166*(13), 1391-1404.

Jiménez, J., Moreno, L., & Magnitskiy, S. (2013). Respuesta de las plantas a estrés por inundación. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *6*(1), 96-109.

Lagunas, A. (2013). *Evaluación del manejo del riego por medio de sensores de humedad del suelo en un cultivo de tomate para industria* (Tesis de pregrado). Universidad Pública de Navarra, Navarra, España.

Núñez-Vázquez, M., Dell'Amico-Rodríguez, J., Pérez-Hernández, M., & Betancourt-Grandal, M. (2017). Estrés hídrico y salino en cítricos. Estrategias para la reducción de daños. *Cultivos tropicales, 38*(4), 65-74.

Ríos-Rojas, L., Correa, J., Rojas-Marín, C., & Dorado, D. (2018). Caracterización edafoclimática de la zona productora de lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) en el Tolima (Colombia), afectada por una fisiopatía. *Corpoica Ciencia y tecnología Agropecuaria, 19*(3), 545-567.

Villón-Béjar, M. (2007). *Hidráulica de canales*. Lima, Perú: Editorial Villón.

Capítulo X
Ácaros de importancia económica en lima ácida Tahití

Nora Cristina Mesa Cobo, Isaura Viviana Rodríguez Torres,
Leonardo Álvarez Ríos y Arturo Carabalí Muñoz

En los últimos años, la importancia de algunos ácaros fitófagos se ha incrementado, ya que muchas especies que no eran consideradas de importancia económica han evolucionado hasta convertirse en plagas clave, debido al uso de agroquímicos de amplio espectro, que producen un efecto adverso en los enemigos naturales (McMurtry, Huffaker, & Van de Vrie, 1970). Directamente, el uso de dosis subletales también estimula la actividad y la fecundidad del ácaro (Luckey, 1968).

Además, su reducido tamaño, de entre 120 y 400 micras, dificulta su detección en plantas que se transportan alrededor del mundo (Navia, Gondim, & Moraes, 2007). En plantas cultivadas y silvestres se ha registrado una gran cantidad de especies de ácaros, aunque son pocas las que realmente se consideran plagas de importancia agrícola (Moraes & Flechtmann, 2008).

En Colombia, los cítricos se cultivan en diversos pisos térmicos, especialmente en los departamentos de Antioquia, Caldas, Meta, Quindío, Risaralda, Santander y Valle del Cauca, y se sabe que las especies de ácaros que causan daños y afectan la calidad de los frutos pertenecen a las familias Tetranychidae, Tenuipalpidae, Tarsonemidae y Eriophyidae.

Sin embargo, se requieren muchos más estudios para determinar cuáles son las especies asociadas, los enemigos naturales promisorios y los métodos de control más eficientes, así como para conocer el impacto del daño que producen y sus repercusiones económicas (Mesa, 2015).

Polyphagotarsonemus latus (Banks) (Acarina: Tarsonemidae)

Importancia económica, distribución y hospederos

Los ácaros de la familia Tarsonemidae presentan hábitos alimenticios muy variados, pues incluyen especies que se alimentan de hongos, algas y parásitos de animales, otras que son depredadoras, y las estrictamente fitófagas. De esta familia se han descrito más de 550 especies, pertenecientes a 45 géneros (Moraes & Flechtmann, 2008). En Colombia, la especie *P. latus* es conocida por su importancia económica en cítricos (Mesa, 2015).

Los machos de esta familia transportan las ninfas de las futuras hembras hacia los órganos vegetativos en crecimiento, dada la preferencia de estos ácaros por alimentarse de tejidos jóvenes (Rodríguez, 2012). Por su parte, las hembras adultas de *P. latus* pueden dispersarse adhiriéndose a la tibia y el tarso de insectos como *Myzus persicae*, *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum,* entre otros (Moraes & Flechtmann, 2008).

De acuerdo con Vieira, Correa, Castro, Silva y Monteverde (2004), las mayores poblaciones de estos ácaros se presentan sobre todo cuando las condiciones de humedad del aire son elevadas, lo cual fue corroborado en trabajos realizados por Rodríguez (2012), en los que se observó que las poblaciones de *P. latus* se incrementaron y los daños en frutos de naranja Valencia aumentaron en condiciones de humedad relativa alta (superior al 80 %) y temperatura media (21-25 °C).

El ácaro blanco, como se conoce a *P. latus*, es un polífago que cuenta con más de 60 especies de hospederos vegetales, y es considerado una plaga en numerosos cultivos en invernadero y en el campo de diferentes lugares del mundo, incluyendo regiones tropicales y subtropicales de Australia, Asia, África, América e islas del Pacífico (Gerson, 1992, 2003; Jeppson, 1989; Rogers, Stansly, Childers, McCoy, & Nigg, 2009; Smith & Peña, 2002; Talhouk, 1975; Walter, Lindquist, Smith, Cook, & Krantz, 2009).

En Colombia, se han registrado daños de importancia económica causados por *P. latus* en cultivos de especies como *Citrus* spp., solanáceas (*Capsicum* spp., *Solanum lycopersicum*, *Solanum melongena*, *Solanum quitoense*), *Carica papaya*, *Cucumis melo*, *Glycine max*, *Gossypium hirsutum*, *Phaseolus vulgaris* y *Vitis* spp. (Mesa, 1999).

Los trabajos realizados en el país por Álvarez (2017), Mesa et al. (2011), Rodríguez (2012) y Rodríguez, Mesa, Valencia y Ossa (2017) reportaron que *P. latus* ocasiona daños de importancia económica en lima ácida Tahití y naranja Valencia, e identificaron esos daños como uno de los problemas fitosanitarios que originan importantes pérdidas en la producción de cítricos en Antioquia, Caldas, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca.

Los adultos y las larvas del ácaro blanco atacan hojas y brotes tiernos, ocasionando deformación y atrofia del tejido foliar; además, en los frutos jóvenes, su ataque puede producir momificación o dejar cicatrices y malformaciones, que afectan la calidad cosmética.

Biología

Estudios realizados por Mesa et al. (2011), Rodríguez (2012) y Rodríguez et al. (2017) reportan que, durante el desarrollo de *P. latus,* sus huevos son blanquecinos y con protuberancias blancas en forma de óvalos, alineadas simétricamente. La hembra los pone en forma dispersa, y por lo general los ubica al lado de las nervaduras de las hojas. El tiempo de incubación es de 1,65 días (mínimo 1,54 y máximo 1,99).

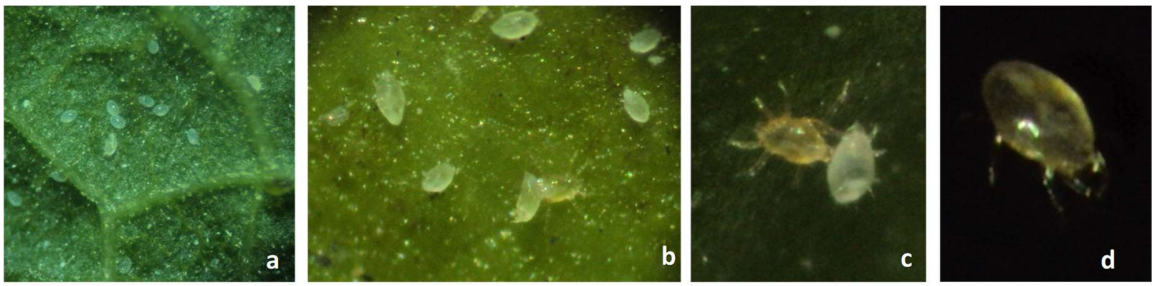
La larva es hexápoda, blanca y opaca. Su tiempo de duración promedio es de 0,97 días (mínimo 0,38 y máximo 1,22) y, después de su periodo de actividad como larva, se torna inmóvil y se convierte en ninfa-pupa dentro de la cutícula larval.

La ninfa-pupa es translúcida, brillante, de forma elíptica alargada, y se mantiene inmóvil. A este estado se le conoce también como *pharate female* en inglés o ninfa quiescente en español (Norton, Kethley, Johnston, & O'Connor, 1993).

Presenta la duración más corta entre todos los estados de desarrollo, con un promedio de 0,56 días (mínimo 0,17 y máximo 1,97).

La hembra es de forma oval, con una longitud aproximada de 0,30 mm, y una coloración blanquecina brillante cuando está joven, que se torna amarilla brillante a medida que transcurre el ciclo. El nombre de la familia fue otorgado por la característica de la pata IV en forma de flagelo. El dimorfismo sexual es bien pronunciado: la relación de sexos es de 2,2 hembras por 1 macho. Los machos son de un color similar al de las hembras, pero tienen un tamaño menor, con una longitud aproximada de 0,11 mm.

P. latus presenta un ciclo de vida muy corto. Según estudios realizados en naranja Valencia, el tiempo total de desarrollo de huevo a adulto es de 3,18 días (2,75 a 7,40). En la figura 59 se presentan los estados de huevo, inmaduro y adulto.



Fotos: Milton Valencia e Isaura Rodríguez

Figura 59. Aspecto de diferentes estados de desarrollo de *Polyphagotarsonemus latus*. a. Ninfas; b. Adultos macho; c. Adultos hembra; d. Adulto.

Daño

De acuerdo con Moraes y Flechtmann (2008), la alimentación de *P. latus* causa una variedad de síntomas y reacciones específicas en diferentes hospederos, principalmente por el efecto de la posible toxina que inyecta. Al ser atacadas por el ácaro blanco, las hojas nuevas de los brotes se decoloran, presentan un color plateado o bronce en el envés, y se vuelven estrechas y rígidas, lo que ocasiona daños severos y deformaciones.

En estudios realizados por Mesa et al. (2011), Rodríguez (2012) y Rodríguez et al. (2017), se reporta que las primeras manifestaciones del daño en brotes vegetativos (de 9 a 12 días de formación) de naranja Valencia se caracterizan por un cambio en la tonalidad de la epidermis, la cual pierde su brillo y se torna opaca, dando la impresión de estar deshidratada (figura 60).

Más adelante, se observan enrollamientos en los bordes de las hojas, que van desde la base hasta el ápice. En este punto se presenta la mayor actividad de alimentación y oviposición de las hembras. A medida que transcurre el tiempo, el daño es más notorio y se convierte en una mancha café que inicia principalmente en la nervadura central. Si el daño es severo, se presenta la caída del brote.

Fotos: Milton Valencia; Isaura Rodríguez; Wilmar Guerra

Figura 60. Daño de *Polyphagotarsonemus latus* en hojas de cítricos. a. Encrespamiento hacia el envés; b. Cambio en la tonalidad del brote; c. Bronceado en el haz.

Según estudios de Álvarez (2017) y Rodríguez et al. (2017), el daño en los frutos de lima ácida Tahití y naranja Valencia se caracteriza por el levantamiento de la capa superficial de la epidermis, la cual queda adherida a la superficie del fruto como una película fina, gris plateada.

Cuando son atacados por el ácaro, los frutos recién formados pueden ser momificados. Si continúan su crecimiento, en el momento de la cosecha se observa que el daño permanece en la fruta, y puede llegar a cubrir toda la epidermis. Este daño es castigado en el mercado, ya que el aspecto estético de los frutos es muy importante, sobre todo en especies como la lima ácida Tahití, cítrico que hace parte de los productos de exportación del país.

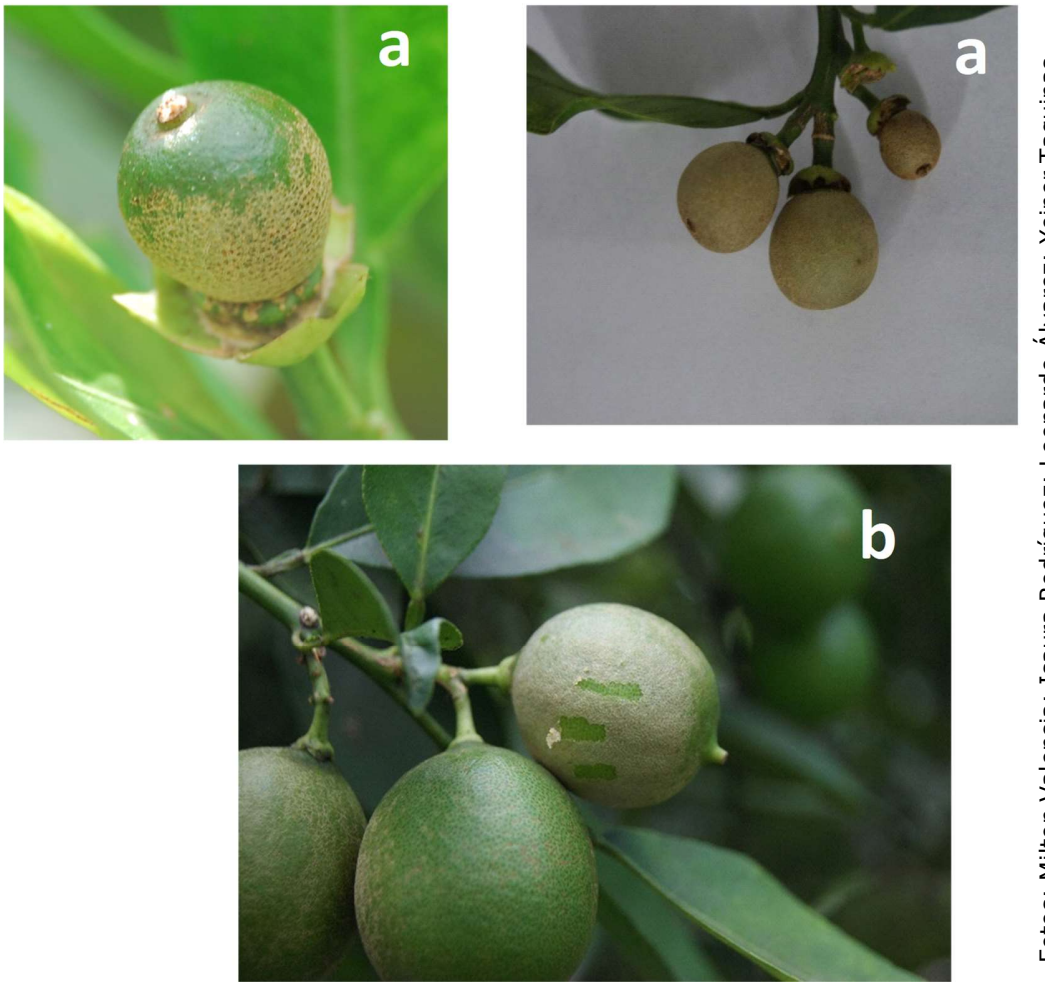
De acuerdo con Álvarez (2017) y Rodríguez (2012), las primeras manifestaciones del daño causado por *P. latus* en frutos de naranja Valencia (con un diámetro de entre 0,10 y 0,35 cm [9,5 días de formación]) y de lima ácida Tahití (con un diámetro de entre 0,4 y 2,4 cm [33 días de formación]) se caracterizan por un cambio en la tonalidad de la epidermis, la cual pierde brillo y se torna opaca.

Posteriormente, se observan hendiduras paralelas, que inician en la base del fruto, dando la impresión de deshidratación de los tejidos. En este sitio se presenta la mayor actividad de alimentación y oviposición de las hembras. Con el transcurso del tiempo, el daño es más notorio y se convierte en una mancha café. Peña (1990) describió resultados similares en frutos cítricos tipo lima, y Meyer (1981) en otros cultivos.

De acuerdo con Rodríguez (2012), el ataque de ácaros durante los tres primeros meses de desarrollo del fruto causa daños considerables en su fenología. En Caicedonia, Valle del Cauca, las condiciones ambientales, caracterizadas por niveles de humedad relativa superiores al 80 %, favorecieron la caída de estructuras. En esta localidad, el 22 % de las pérdidas se debieron al ataque de *P. latus*. En el caso de Támesis, Antioquia, los porcentajes solo llegaron al 7 %, lo que puede explicarse por las condiciones menos húmedas de la región, que afectan el desarrollo del ácaro.

El daño final de los frutos desarrollados en el momento de la cosecha fue mayor en Caicedonia (40,8 %) que en Támesis (16,4 %), lo cual demuestra la importancia económica de *P. latus* en zonas con humedad relativa superior al 80 %, como este municipio. Según diversos autores, esta condición favorece el incremento de las poblaciones del ácaro (Davies & Albrigo, 1994; Meyer, 1981; Smith & Peña, 2002).

En la figura 61 se presentan los daños observados en frutos recién formados de naranja Valencia y en frutos de lima ácida Tahití próximos a la cosecha. De acuerdo con la apariencia externa, los porcentajes de daño por *P. latus* en su superficie no superaron el 50 %. Vale la pena tener en cuenta que la Norma Técnica 4086 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec) (1997) considera que los frutos que exceden estos valores se clasifican como de segunda.



Fotos: Milton Valencia; Isaura Rodríguez; Leonardo Álvarez; Yeiner Taquinas

Figura 61. Daño de *Polyphagotarsonemus latus* en frutos. a. Naranja Valencia; b. Lima ácida Tahití.

Con respecto al impacto de *P. latus* sobre la calidad del fruto, a pesar de que durante la cosecha de estructuras marcadas en Caicedonia (Rodríguez, 2012) se encontraron correlaciones significativas entre el daño del ácaro y los grados Brix, no se puede concluir que existe una relación directa entre ese daño y la calidad del fruto, ya que el coeficiente de correlación solo llegó al 20 %.

En el caso del diámetro y el peso, tampoco se observó una relación estrecha entre las variables del fruto y el daño del ácaro. En las condiciones en las cuales se desarrollaron los ensayos, los coeficientes de correlación fueron muy bajos, lo que indica que tal daño no tiene una relación directa con estos criterios de calidad interna del fruto.

Por el contrario, Peña y Bullock (1994) afirman que el daño del ácaro disminuye los contenidos de agua en limas y naranjas en Florida. En el caso colombiano sería necesario repetir los ensayos en condiciones de altas infestaciones, evaluando este parámetro de calidad.

En lo que se refiere a la posible relación del daño de *P. latus* con la calidad interna del fruto, se puede concluir que, en las condiciones de los ensayos esta-blecidos, no se encontró una correlación significativa entre el daño registrado en la epidermis de los frutos y su calidad (grados Brix, diámetro y peso). Por lo tanto, tal daño en los frutos de lima ácida Tahití y naranja Valencia es totalmente cosmético.

Rodríguez (2012) obtuvo resultados similares en naranja Valencia, y afirmó que "al correlacionar el daño ocasionado por *P. latus* con parámetros de calidad como peso, diámetro, color y grados Brix [se] concluyó que no existe una relación directa entre el daño del ácaro y la calidad del fruto".

Dorado, Grajales y Ríos-Rojas (2015) valoraron diferentes variables de calidad del fruto de lima ácida Tahití, como diámetro ecuatorial (entre 5,18 y 5,48 cm), diámetro longitudinal (de 5,58 a 5,94 cm), peso del fruto (entre 82,31 y 95,90 g) y grados Brix (de 7,91 a 8,67). Estas cifras provienen de evaluaciones asociadas a diferentes láminas de riego y grados de fertilización, en plantas ubicadas en El Espinal, Tolima, que concuerdan con los datos obtenidos anteriormente en este cítrico.

Fluctuación poblacional

Entre los años 2014 y 2016, Rodríguez et al. (datos inéditos) y Álvarez (2017) realizaron experimentos basados en el seguimiento de poblaciones de *P. latus* en una finca productora de lima ácida Tahití y naranja Valencia de Caicedonia, Valle del Cauca, ubicada en las coordenadas geográficas 04°20'05" N, 75°49'41" O, a una altitud de 1.150 m s. n. m., con una temperatura promedio de 23 °C y una humedad relativa del 76,4 %.

En los dos cultivos se evidenció que el comportamiento del ácaro estuvo fuertemente asociado a la formación de tejidos tiernos. Se encontró también que sus huevos se presentan en altas poblaciones sobre las hojas tiernas y los frutos recién formados, mientras que las poblaciones de adultos son menores.

En cultivos de naranja Valencia, se observó que los picos de población se dan en épocas con humedad relativa de entre el 81 % y el 84 %, temperaturas de 20 a 23 °C y precipitaciones entre 0 y 72 mm. Las mayores poblaciones (cuatro huevos por foliolo) se presentaron en 2014, en los meses de septiembre y octubre, mientras que en 2015 se observaron en noviembre y diciembre. En el año 2016 las poblaciones fueron muy bajas.

En el caso de la lima ácida Tahití, en general se presentaron mayores poblaciones de *P. latus* que en la naranja Valencia. Para este cítrico se observó que los picos de población se dieron en épocas con humedad relativa de entre el 60 % y el 80 %, temperaturas entre 21 y 24 °C, y precipitaciones entre 0 y 72 mm. En 2014, los picos poblacionales (máximo 4,6 huevos por foliolo) ocurrieron en los meses de agosto y septiembre, mientras que en 2015 se presentaron en octubre y noviembre.

Monitoreo

El primer estudio llevado a cabo en cítricos para identificar el estado fenológico en el cual se registra el ataque inicial de *P. latus* fue realizado por Rodríguez (2012), en Caicedonia y Támesis, sobre naranja Valencia. En estos experimentos

se concluyó que el daño del ácaro ocurre en estados tempranos del fruto, como el *fruto 1* (denominación otorgada por los agricultores), el cual corresponde a estructuras de entre 0,1 y 0,6 cm de diámetro, clasificadas en los códigos 72 y 74 en la escala BBCH de los agrios (Agustí et al., 1995).

Después de esta investigación, Álvarez (2017) y Rodríguez (datos inéditos) establecieron ensayos de seguimiento del daño del ácaro en cultivos comerciales de lima ácida Tahití y naranja Valencia entre 2014 y 2016. En los experimentos se identificaron los estados fenológicos que deben ser monitoreados para tomar medidas de manejo de *P. latus* en cada una de las dos especies cítricas (figura 62).

a. Naranja Valencia

Fruto de 0,1 a 0,6 cm de diámetro

b. Lima ácida Tahití

Fruto de 0,3 cm diámetro

Fruto de 1,4 a 2,8 cm diámetro

Fotos: Milton Valencia; Isaura Rodríguez; Leonardo Álvarez; Yeiner Taquinas

Figura 62. Estados fenológicos del fruto que deben ser monitoreados para el manejo de *Polyphagotarsonemus latus*. a. Naranja Valencia; b. Lima ácida Tahití.

El daño del ácaro blanco en la lima ácida Tahití puede ocurrir en frutos con un diámetro desde 0,3 cm (código 72 en la escala BBCH) (figura 62b), entre 30 y 40 días después de la floración, con una severidad que puede llegar al 41,1 %. A diferencia de lo que sucede con la naranja Valencia, en la lima ácida Tahití puede atacar frutos de mayor tamaño, de 1,4 a 2,8 cm de diámetro (código 72 en la escala BBCH) (figura 62b), 77 días después de la floración, con daños cercanos al 20,8 %.

Alternativas de manejo

Para el manejo de *P. latus* se han evaluado alternativas que incluyen, entre otras, aceites, acaricidas y enemigos naturales, como crisopas, ácaros fitoseidos y hongos entomopatógenos (Acuña, Agostini, & Haberle, 2005; Breda, Oliveira, Esteves-Filho, Barbosa, & Santos, 2017; Díaz, 2012; Halder, Kodandaram, Rai, & Singh, 2015; Herron, Jiang, & Spooner-Hart, 1996; Imbachi, 2012; Imbachi et al., 2012; Jiménez, Martínez, & Cantillo, 2013; Martins, Alves, Mamprim, & Souza, 2016; Nugroho & Ibrahim, 2007; Peña, Osborne, & Duncan, 1996).

Imbachi et al. (2012) evaluaron estrategias de manejo del ácaro blanco en un cultivo comercial de naranja Valencia en Caicedonia, en el cual marcaron racimos florales y analizaron de manera individual tratamientos basados en la liberación de especies de Phytoseiidae nativas (*Neoseiulus anonymus* [Chant & Baker], *Neoseiulus californicus* [McGregor], *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma y *Amblyseius herbicolus* [Chant]) y de larvas de *Chrysoperla carnea* (Stephens).

También se evaluó la aplicación localizada de cipermetrina (tratamiento de exclusión de agentes benéficos) y de un testigo comercial basado en el tratamiento utilizado por los agricultores (utilización localizada de abamectina). Se encontró, que las liberaciones de Phytoseiidae y de larvas de *C. carnea*, así como la aplicación de abamectina, presentaron los mejores resultados, con el menor daño de *P. latus*.

Además de estos experimentos, siguiendo la misma metodología en otro ensayo, Imbachi (2012) evaluó aplicaciones localizadas de aceite agrícola, abamectina, agua y el hongo entomopatógeno *Paecilomyces fumosoroseus*. Este estudio concluyó que los frutos tratados con aceite agrícola y abamectina presentaron un menor porcentaje de daño en la epidermis.

En lotes comerciales de lima ácida Tahití y naranja Valencia en Caicedonia, Rodríguez et al. (2014-2016, datos inéditos) y Álvarez (2017) evaluaron estrategias de manejo de *P. latus* en frutos de las dos especies. Los productos analizados aparecen en la tabla 14.

Tabla 14. Tratamientos evaluados para el manejo de *Polyphagotarsonemus latus* y *Phyllocoptruta oleivora* en lima ácida Tahití y naranja Valencia en Caicedonia (Valle del Cauca)

Tipo de alternativa	Tratamiento	Dosis/ha	Dosis usada en ensayos*
Hongos entomopatógenos	1. *Isaria fumosorosea*	1 kg	2,5 g/L
	2.*Metharrizium anisopliae*	1 kg	2,5 g/L
	3. Beauveria bassiana	1 kg	2,5 g/L
Depredador	4. Liberación de *Chrysoperla carnea*	10.000-20.000 larvas	100 larvas/racimo floral
Aceite agrícola	5. Aceite agrícola	2 l	7 cc/l
Moléculas químicas	6. Spiromesifen	500 cm^3	1,2 cm^3/l
	7. Abamectina	600 cm^3	1,5 cm^3/l
Testigo absoluto	8. Agua	---	---

* Las dosis por litro se estimaron teniendo en cuenta la densidad de siembra de 285 árboles/ha (distancia de siembra 7 × 5 m), con un volumen de aplicación de 400 L de agua/ha. Como coadyuvante se utilizó el producto Carrier, en dosis de 1 cm^3/L (400 cm^3/ha).
Fuente: Elaboración propia

Durante tres ciclos de cosecha (2014 a 2016) de lima ácida Tahití, se realizaron dos aplicaciones localizadas por ciclo para el manejo de *P. latus* (figura 63). La primera se llevó a cabo en la floración o con la presencia en el cultivo de *frutos 1* (0,3 cm de diámetro, códigos 55 a 72 en la escala BBCH de los agrios) (Agustí et al., 1995), y la segunda, luego de 41 a 50 días, en la etapa fenológica *fruto 4* (2,8 cm de diámetro, código 74 en la escala BBCH).

Figura 63. Épocas de aplicación de tratamientos para el manejo de *Polyphagotarsonemus latus* en lima ácida Tahití.
Fuente: Elaboración propia

Semanalmente, se registraron los daños de *P. latus* en la epidermis de los frutos tratados, y se cosecharon aquellos que alcanzaron su madurez, para evaluar características de calidad. Durante los experimentos, el máximo daño del ácaro en la epidermis fue del 27 %, obtenido en el testigo sin aplicaciones, valor que demuestra el impacto que ocasiona en el cultivo.

Se encontraron diferencias significativas en los daños de *P. latus* con los tratamientos evaluados, y se destacó el grupo estadístico conformado por spiromesifen y el hongo entomopatógeno *I. fumosoroseus,* con daños del 4 % y el 58 %, respectivamente. Otras alternativas biológicas que presentaron menores daños fueron las liberaciones de *C. carnea* y las aplicaciones de aceite agrícola, tratamientos con los cuales se registraron daños inferiores al 9 % en la epidermis del fruto (figura 64).

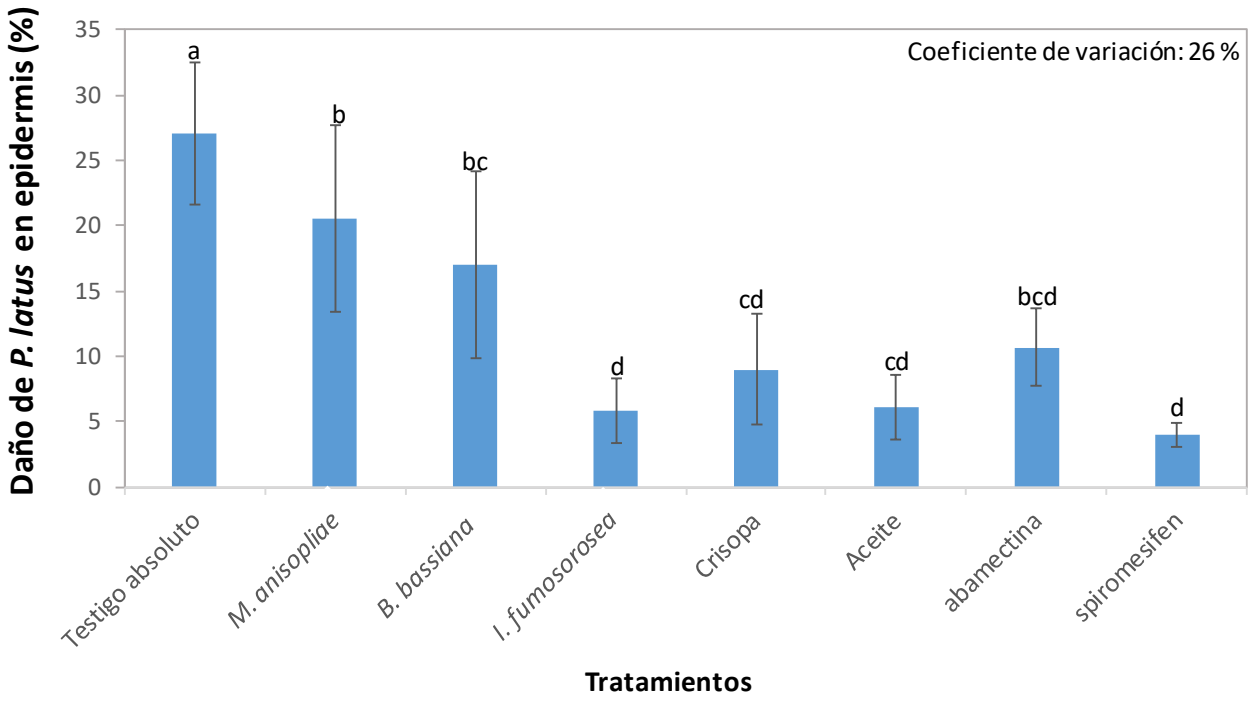


Figura 64. Porcentajes de daño de *Polyphagotarsonemus latus* en la epidermis de los frutos de lima ácida Tahití, luego de dos aplicaciones de diversos tratamientos.

Nota: Barras seguidas con la misma letra minúscula no difieren en pruebas de DMS al 5 % (coeficiente de variación: 21,5 %; 7 gl; F: 4,68; Pr > F: 0,0001).

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos en los experimentos, como el mejor tratamiento en el combate contra *P. latus* se destaca la aplicación localizada de spiromesifen en racimos florales de lima ácida Tahití, alternativa con la cual se presentaron daños del 4 % en los frutos.

En este cítrico, alternativas biológicas como el aceite y el hongo entomopatógeno *I. fumosorosea* mostraron un mayor efecto en el ácaro que productos químicos como la abamectina. De igual manera que en los estudios de Imbachi et al. (2012), con las liberaciones de *C. carnea* se obtuvieron bajos porcentajes de daño de *P. latus* en la epidermis de los frutos de naranja Valencia y lima ácida Tahití.

Los neurópteros de la familia Chrysopidae (especialmente las larvas) han sido considerados predadores de varios fitófagos, como ácaros, *trips* y moscas blancas (Bueno & Freitas, 2004). En el caso de *P. latus,* Imbachi (2012) realizó pruebas de consumo, en las cuales se constató que las larvas del insecto tienen preferencia por huevos y estados inmaduros del ácaro. Con respecto a los hongos entomopatógenos, se destaca el efecto de *I. fumosorosea* para el manejo del ácaro blanco en lima ácida Tahití.

El uso de aceite agrícola para el manejo de *P. latus* fue efectivo, con daños que llegaron al 61 % en la epidermis del fruto. Esta efectividad también ha sido reportada por autores como Herron et al. (1996), Imbachi (2012) y Rodrigues y Childers (2002), quienes indican que este tipo de acaricida proporciona un buen control, con menor impacto ambiental.

Phyllocoptruta oleivora (Ashmead) (Acarina: Eriophyidae)

Importancia económica, distribución y hospederos

Los miembros de la familia Eriophyidae constituyen un grupo de ácaros extremadamente pequeños (100 a 150 micras) y estrictamente fitófagos, formado por más de 3.500 especies, pertenecientes a 300 géneros (Krantz & Walter, 2009). Su alto grado de especialización morfológica y biológica les permite vivir en lugares muy escondidos, como en las yemas, brotes terminales, agallas o erineos, enrollando las hojas o en la superficie de la planta.

Una característica general de las especies de este grupo, en especial de las que se alimentan de plantas dicotiledóneas, es su reducida gama de hospederos. Muchos ácaros atacan solamente una especie vegetal, mientras que otros se alimentan de varias especies del mismo género de plantas. Esta especificidad peculiar con su hospedero vegetal es clave para su sobrevivencia.

Muchas especies solo consiguen sobrevivir en estructuras que se forman en las plantas a causa de la inyección de sustancias en el acto de alimentación. Uno de

los daños más significativos de los Eriophyidae es la capacidad de algunas de sus especies de transmitir virus de plantas (Krantz & Walter, 2009; Moraes & Flechtmann, 2008).

P. oleivora es conocido como el ácaro tostador de los cítricos y es extremadamente pequeño: en estado adulto mide de 0,12 a 0,15 mm de largo y de 0,05 a 0,06 mm de ancho (McCoy, 1996). Se encuentra distribuido en algunas regiones de América, Asia, África, Europa y Australia (McCoy, 1996; Smith & Peña, 2002; Walter et al., 2009).

En Colombia, está disperso en todas las zonas productoras de cítricos del país (León, 2001), y Padilla y Tróchez (2000) reportaron que este ácaro era el segundo más importante en cultivos de cítricos del Valle del Cauca (figura 65).

Foto: Milton Valencia

Figura 65. Población de *Phyllocoptruta oleivora* sobre un fruto de naranja Valencia.

Biología

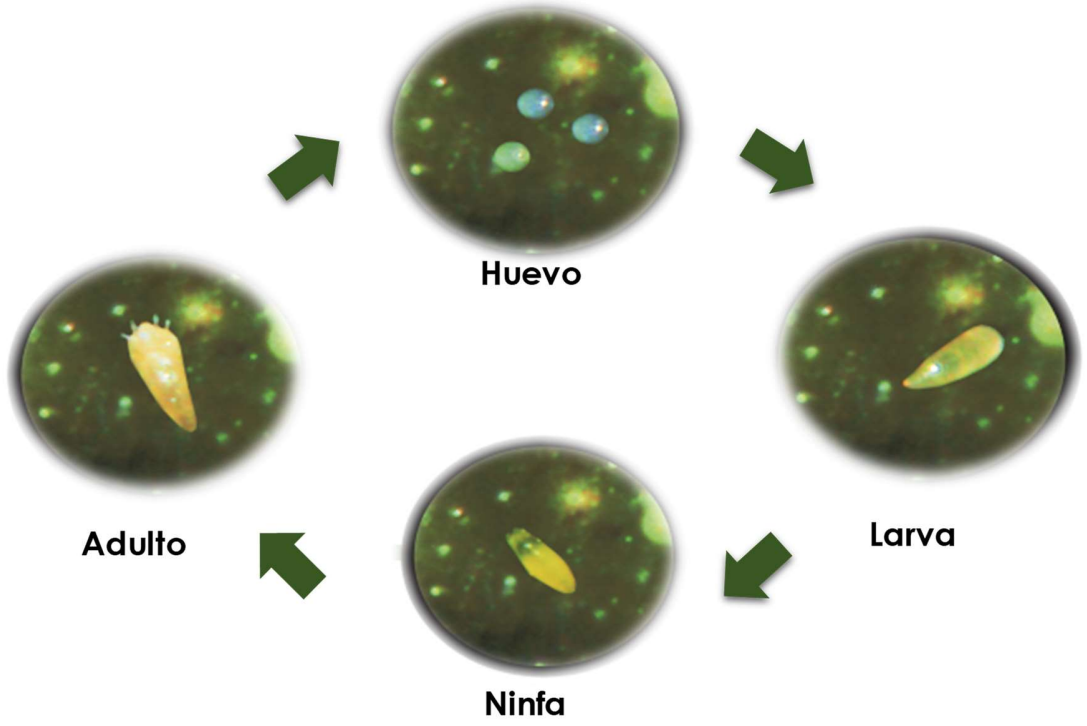
Durante su ciclo de vida, *P. oleivora* pasa por los siguientes estados de desarrollo: huevo, larva, ninfa y adulto, los cuales se pueden ubicar sobre hojas, brotes, y especialmente en frutos (Kalaisekar, Naidu, & Rao, 2003; Leite de Oliveira, 2008; McCoy, 1996; Meyer, 1981; Rogers et al., 2009).

La oviposición se inicia a partir del segundo día de emergencia de las hembras, cuando han alcanzado su madurez sexual, y continúa el resto de su vida (Rogers et al., 2009). Los huevos son esféricos y transparentes, con una duración

promedio de 3 días, a 27,2 °C. Una hembra pone en promedio dos huevos por día, y cerca de 30 durante toda su vida (Rogers et al., 2009).

Del huevo emergen las larvas vermiformes, que inicialmente son translúcidas y luego toman un color amarillo. Después de dos días se convierten en ninfas, conservando la misma forma. Las ninfas requieren cerca de dos días para cambiar al estado adulto.

La duración del ciclo de huevo a adulto es de 6 días, con un promedio de vida de machos y hembras de 6 y 14 días, respectivamente (Rogers et al., 2009). Estudios realizados por Rodríguez (2012) reportan que el tiempo de desarrollo del huevo al estado adulto fue de 7,3 días (mínimo 5,0 días, máximo 8,6 días). En la figura 66 se presentan los estados de desarrollo de *P. oleivora*.



Fotos: Milton Valencia; Isaura Rodríguez

Figura 66. Aspecto de los estados de desarrollo de *Phyllocoptruta oleivora*.

Daño

De acuerdo con Albrigo y McCoy (1974), *P. oleivora* causa daño mecánico al retirar el contenido celular, lo que causa bronceado o apariencia de oxidación en el fruto. Las células perforadas de la epidermis de los frutos colapsan, lo que modifica su color. Los síntomas varían de acuerdo con la edad del fruto atacado, y otorgan apariencia oxidada a los jóvenes, y bronceada a los de mayor edad.

El ácaro prefiere frutos de naranja Valencia de 3 a 6 meses de desarrollo. El daño inicial en los frutos infestados se caracteriza por un cambio en la tonalidad de la epidermis, la cual pierde su brillo y se torna opaca. Posteriormente, se observan decoloraciones del tejido, que toma un color amarillo pálido (figura 67).

Fotos: Milton Valencia; Julian Ossa; Isabel Ramírez; Isaura Rodríguez

Figura 67. Síntomas de *Phyllocoptruta oleivora* en lima ácida Tahití. a. Iniciales; b. Intermedios; c. Avanzados; d. Síntomas en naranja Valencia.

En estos lugares se presenta la mayor actividad de alimentación y oviposición, y donde se concentra la mayor parte de la población. A medida que transcurre el tiempo, el daño es más notorio, va cubriendo la superficie del fruto, y el ácaro coloniza nuevas áreas.

Respecto a la posible relación del daño de *P. oleivora* con la calidad interna del fruto, además del daño externo se reportan efectos en tamaño, peso, contenido de agua, volumen de jugo, sólidos solubles y contenido de ácido ascórbico (Kalaisekar et al., 2003; Ochoa, Aguilar, & Vargas, 1991; Rogers et al., 2009). Infestaciones severas en frutos jóvenes (50 %-70 % de la superficie dañada) pueden reducir su crecimiento, incrementar su caída y producir problemas de fermentación que demeritan la calidad del sabor (McCoy, 1988).

Fluctuación poblacional

Rodríguez (2012) realizó un seguimiento de las poblaciones de adultos de *P. oleivora* en frutos de 3 a 5 cm de diámetro de 50 árboles, en dos huertos comerciales de naranja Valencia, el primero ubicado en Caicedonia (1.150 m s. n. m.; 21,7 °C y 86,4 % de HR) y el segundo en Támesis (961 m s. n. m.; 24,2 °C y 76,2 % de HR). Los datos de los conteos de población se registraron semanalmente, entre 2009 y 2011, durante 22 meses en Caicedonia y 17 en Támesis.

Como resultado de este trabajo en las dos localidades, se identificó que las poblaciones del ácaro se incrementaron cuando la humedad relativa superó el 70 %. Esta variable climática, sumada a temperaturas superiores a 24 ºC, favorecieron el crecimiento de las poblaciones en los frutos, especialmente en Támesis.

Esta tendencia coincide con los registros de autores como Meyer (1981), Azambuja y Lermen da Silva (1982), González, Salas y Hernández (1985), Rázuri y Gonzales-Bustamante (1993), Chiaradia (2001), Smith y Peña (2002), Landeros et al. (2003) y Rogers et al. (2009), en cuyos trabajos las variables relacionadas con épocas secas favorecen la proliferación de *P. oleivora* en diversas especies de cítricos.

Monitoreo

De acuerdo con estudios realizados por Rodríguez (datos inéditos), *P. oleivora* se puede presentar en frutos de lima ácida Tahití, aunque en el caso de los experimentos llevados a cabo entre 2014 y 2016, su mayor impacto ocurrió en naranja Valencia.

Según Rodríguez (2012), durante el desarrollo fenológico del fruto de naranja Valencia, el primer ataque de *P. oleivora* en Caicedonia y Támesis sucedió en promedio a los 90 días de la posantesis (floración), en frutos de 3 a 5 cm de diámetro (figura 68), tamaño que los agricultores relacionan con el de una pelota de *ping-pong*.

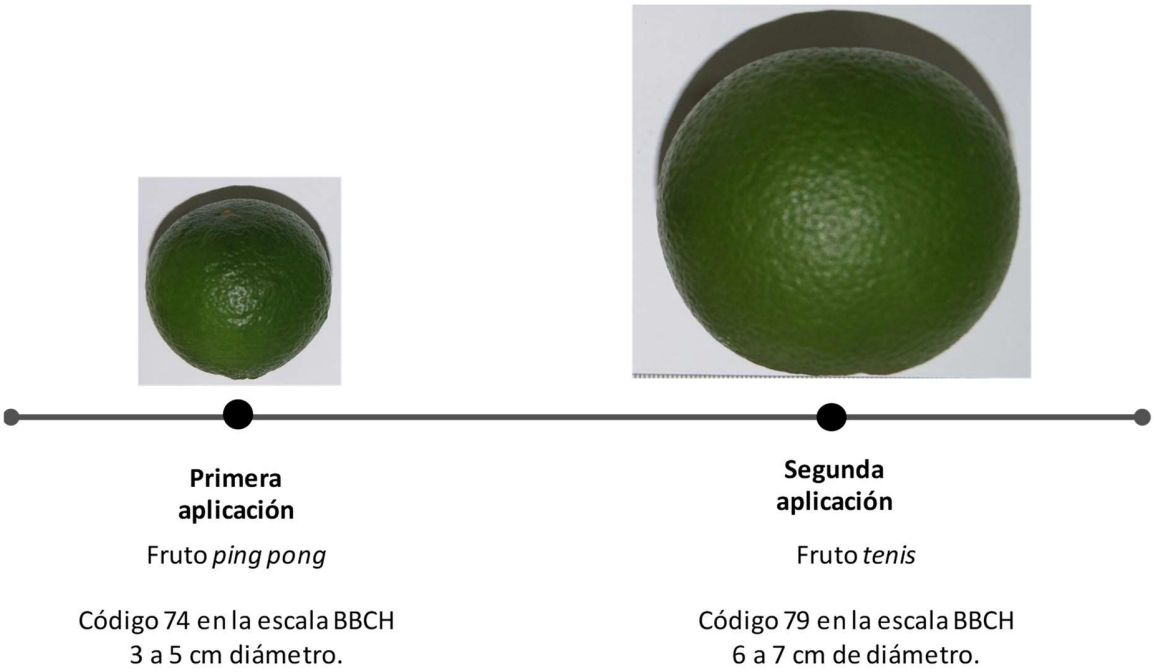


Foto: Milton Valencia

Figura 68. Estados fenológicos clave para el manejo de *Phyllocoptruta oleivora* en el fruto de naranja Valencia.

En la escala BBCH de los agrios (Agustí et al., 1995), durante el desarrollo del experimento, estas estructuras corresponden al código 74. En los tratamientos en los que no se realizaron aplicaciones de productos para el manejo del ácaro, la severidad del daño estuvo entre el 20 % y el 80 % en las dos localidades.

Otros estudios de Rodríguez et al. (2014-2016, inéditos), realizados en Caicedonia, indicaron que los primeros daños de *P. oleivora* en frutos de naranja Valencia ocurren en etapas intermedias de formación del fruto, cuando tienen de 3 a 5 cm de diámetro, a partir de 143,5 días después de la floración (antesis), con una severidad máxima del 12 %. De esta manera, los autores identificaron al fruto de 3 a 5 cm como el estado fenológico en el cual se deben iniciar los monitoreos para el manejo del ácaro tostador en naranja Valencia.

Alternativas de manejo

Se han estudiado diversas alternativas que incluyen, entre otras, enemigos naturales como crisopas, ácaros fitoseidos y hongos entomopatógenos, así como aceites y acaricidas (Alves, Tamai, Rossi, & Castiglioni, 2005; Imbachi, 2012; Knapp, Nigg, & Anderson, 2001; Lei et al., 2003; Van Leeuwen, Witters, Nauen, Duso, & Tirry, 2010).

Imbachi et al. (2012) analizaron estrategias de manejo para *P. oleivora* en un cultivo comercial de naranja Valencia en Caicedonia, en el cual marcaron frutos de 3 a cm de diámetro y evaluaron, de manera individual, tratamientos basados en la liberación de especies de Phytoseiidae nativas (*Neoseiulus anonymus*, *Neoseiulus californicus*, *Iphiseiodes zuluagai* y *Amblyseius herbicolus*) y de larvas de *Chrysoperla carnea*; la aplicación localizada de cipermetrina (tratamiento de exclusión de agentes benéficos) y un testigo comercial, basado en el tratamiento utilizado por los agricultores (aplicación localizada de abamectina).

En la investigación se encontró que la liberación de larvas de *C. carnea* y la aplicación de abamectina presentaron los mejores resultados, con el menor daño de *P. oleivora* en frutos. Por otra parte, la población del ácaro ocasionó daños significativos con el tratamiento de liberación de ácaros Phytoseiidae y la exclusión de benéficos.

Además de las evaluaciones con ácaros depredadores y *C. carnea*, en otro experimento Imbachi (2012), siguiendo la misma metodología, estudió aplicaciones localizadas de aceite agrícola, abamectina, agua y el hongo entomopatógeno *P. fumosoroseus*. Pese a que en los análisis estadísticos no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos analizados, los frutos tratados con aceite agrícola y *P. fumosoroseus* presentaron un menor porcentaje de daño en la epidermis.

Referencias

Acuña, L., Agostini, J., & Haberle, T. (2005). Control químico del ácaro blanco *Polyphagotarsonemus latus* Banks del mamón *Carica papaya* L. *Citrusmisiones, 30*, 10-20.

Agustí, M., Zaragoza, S., Bleiholder, H., Buhr, L., Hack, H., Klose, R., & Stauss, R. (1995). Escala BBCH para la descripción de los estadios fenológicos del desarrollo de los agrios (Gén. *Citrus*). *Levante Agrícola*, (332), 189-199.

Albrigo, L., & McCoy, C. (1974). Characteristic injury by citrus rust mite to orange leaves and fruit. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, *87*, 48-55.

Álvarez, L. (2017). *Ácaros que afectan la calidad del fruto de lima Tahití en el Valle del Cauca* (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.

Alves, S., Tamai, M., Rossi, L., & Castiglioni, E. (2005). *Beauveria bassiana* pathogenicity to the citrus rust mite *Phyllocoptruta oleivora*. *Experimental and Applied Acarology*, *37*(1-2), 117-112.

Azambuja, M., & Lermen da Silva, T. (1982). Population of the false rust mite *Phyllocoptruta oleivora* (Ashm., 1879) on citrus, in Rio Grande do Sul. *Agronomía Sulriograndense*, *18*, 145-152.

Breda, M., Oliveira, J., Esteves-Filho, A., Barbosa, D., & Santos, A. (2017). Lethal and sublethal effects of pesticides in the management of *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) on *Capsicum annuum* L. *Pest Management Science, 73*(10), 2054-2062.

Bueno, A., & Freitas, S. (2004). Effect of the insecticides abamectin and lufenuron on eggs and larvae of *Chrysoperla externa* under laboratory conditions. *BioControl*, *49*(3), 277-283.

Chiaradia, L. (2001). Population fluctuation of citrus rust mite *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmed, 1879) (Acari, Eriophyidae) in citrus orchards in the West of Santa Catarina. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, *7*(1), 111-120.

Davies, F., & Albrigo, L. (1994). *Citrus*. Wallingford, Reino Unido: CAB International.

Díaz, S. (2012). *Pruebas de eficacia con diferentes ingredientes activos para el control de Phyllocoptruta oleivora (Ashmead) (ácaro tostador) y Polyphagotarsonemus latus (ácaro blanco) en limas ácidas (Citrus latifolia Tanaka), en la zona de El Espinal, Tolima* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Dorado, D., Grajales, L., & Ríos-Rojas, L. (2015). Efecto del riego y la fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de lima ácida Tahití *Citrus latifolia* Tanaka (Rutaceae). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *16*(1), 87-93.

Gerson, U. (1992). Biology and control of the broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae). *Experimental & Applied Acarology*, *13*(3), 163-178.

Gerson, U. (2003). Acarine pest of citrus: overview and non-chemical control. *Systematic and Applied Acarology*, *8*(1), 3-12.

González, M., Salas, L., & Hernández, R. (1985). Factores bióticos y abióticos que regulan la población de *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) (Acari: Eriophyidae) en naranja. *Agronomía Costarricense*, *9*(2), 205-211.

Halder, J., Kodandaram, M., Rai, A., & Singh, B. (2015). Bio-efficacy of some newer acaro-insecticides against yellow mite (*Polyphagotarsonemus latus* [Banks]) and thrips (*Scirtothrips dorsalis* Hood) in chilli. *Pesticide Research Journal*, *27*(2), 171-174.

Herron, G., Jiang, L., & Spooner-Hart, R. (1996). A laboratory-based method to measure relative pesticide and spray oil efficacy against broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae). *Experimental and Applied Acarology*, *20*(9), 495-502.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (1997). *Norma Técnica Colombiana NTC 4086. Frutas frescas. Naranja Valencia. Especificaciones.* Bogotá, Colombia: autor.

Imbachi, K. (2012). *Evaluación de estrategias de manejo biológico y acaricidas biorracionales en el control de los ácaros Phyllocoptruta oleivora (Ashmead) (Acari: Eriophyidae) y Polyphagotarsonemus latus (Banks) (Acari: Tarsonemidae) causales del manchado de frutos en naranja Valencia* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.

Imbachi, K., Mesa, N., Rodríguez, I., Gómez, I., Cuchimba, M., Lozano, H., ... & Carabalí, A. (2012). Evaluación de estrategias de control biológico de *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) y *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) en naranja Valencia. *Acta Agronómica*, *61*(4), 364-370.

Jeppson, L. (1989). Biology of citrus insects, mites, and mollusks. En W. Reuther, C. Calavan & G. Carman (Eds.). *The citrus industry* (Vol. V, pp. 1-87). Oakland, EE. UU.: Universidad de California.

Jiménez, E., Martínez, R., & Cantillo, M. (2013). Botanical and chemical pesticides for the control of the white mite (*Polyphagotarsonemus latus* Bank) (Acarina: Tarsonemidae) in green pepper (*Capsicum annuum* L.), in Tisma, Masaya. *La Calera*, *13*(20), 9-15.

Kalaisekar, A., Naidu, V., & Rao, N. (2003). Efficacy of some pesticides against citrus rust mite, *Phyllocoptruta oleivora*. *Indian Journal of Entomology*, *65*(3), 308-310.

Knapp, J., Nigg, H., & Anderson, H. (2001). Update on petroleum spray oil for citrus rust mite control. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, *114*, 46-51.

Krantz, G., & Walter, D. (2009). *A Manual of Acarology*. Lubbock, EE. UU.: Texas Tech University Press.

Landeros, J., Balderas, J., Badii, M., Sánchez, V., Guerrero, E., & Flores, A. (2003). Distribución espacial y fluctuación poblacional de *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) (Acari: Eriophyidae) en cítricos de Güemez, Tamaulipas. *Acta Zoológica Mexicana*, *89*, 129-138.

Lei, H., Li, H., Ran, C., Hu, J., Lin, B., Zhang, Q., ... & Qian, K. (2003). Pollution-free use of sunspray oils for controlling main pests of citrus. *Journal of Southwest Agricultural University*, *25*(5), 409-412.

Leite de Oliveira, M. (2008). *Ácaros dos citros no Brasil*. Sao Paulo, Brasil: Universidade Estadual Paulista (UNESP).

León, G. (2001). Insectos de los cítricos: guía ilustrada de plagas y benéficos con técnicas para manejo de los insectos dañinos. Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

Luckey, T. (1968). Insecticide hormoligosis. *Journal of Economic Entomology*, *61*(1), 7-12.

Martins, C., Alves, L., Mamprim, A., & Souza, L. (2016). Selection and characterization of *Beauveria* spp. isolates to control the broad mite *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904) (Acari: Tarsonemidae). *Brazilian Journal of Biology*, *76*(3), 629-637.

McCoy, C. (1988). The biology of the citrus rust mite and its effects on fruit quality. En J. Ferguson & W. Wardowski (Eds.). *Factors Affecting Fruit Quality* (pp. 54-68). Gainesville, EE. UU.: Universidad de Florida.

McCoy, C. (1996). Damage and control of Eriophyoid mites in citrus crops. Stylar feeding injury and control of eriophyoid mites in citrus. En E. Lindquist, M. Sabelis & J. Bruin (Eds.), *Eriophyoid Mites: Their Biology, natural enemies and control* (pp. 513-526). Ámsterdam, Países Bajos: Elsevier.

McMurtry, J., Huffaker, C., & Van de Vrie, M. (1970). Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: A review. I. Tetranychid enemies: Their biological characters and the impact of spray practices. *Hilgardia*, *40*(11), 331-390.

Mesa, N. (1999). Ácaros de importancia agrícola en Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, *52*(1), 321-363.

Mesa, N. (2015). Acarología en Colombia: presente y perspectivas. En J. L. Jaramillo (Ed.). *Memorias & Resúmenes Congreso Colombiano de Entomología. 42* (pp. 27-59). Medellín, Colombia: Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN).

Mesa, N., García, M., Rodríguez, I., Valencia, M., Ossa, J., Toro, S., ... & Guarín, J. (2011). Dinámica de población y fenología del daño causado por *Polyphagotarsonemus latus* y *Phyllocoptruta oleivora* en naranja Valencia. Cali, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Universidad Nacional de Colombia.

Meyer, M. (1981). *Mites pest of crops in Southern Africa* (Science Bulletin 397). Pretoria, Sudáfrica: Department of Agriculture and Fisheries.

Moraes, G., & Flechtmann, C. (2008). *Manual de acarologia. Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil*. Riberão Preto, Brasil: Holos Editora.

Navia, D., Gondim M., & Moraes, G. (2007). Eriophyoid mites (Acari: Eriophyidae) associated with palm trees. *Zootaxa*, (1389), 1-30.

Norton, R., Kethley, J., Johnston, D., & O'Connor, B. (1993). Phylogenetic perspectives on genetic systems and reproductive modes of mites. En D. Wrensch & M. Ebbert (Eds.). *Evolution and diversity of sex ratio in insects and mites* (pp. 8-99). Nueva York, EE. UU.: Chapman & Hall.

Nugroho, I., & Ibrahim, Y. (2007). Efficacy of laboratory prepared wettable powder formulation of entomopathogenous fungi *Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces fumosoroseus* against the *Polyphagotarsonemus latus* (Bank) (Acari: Tarsonemidae) (broad mite) on *Capsicum annum* (chilli). *Journal of Bioscience*, *18*(1), 1-11.

Ochoa, R., Aguilar, H., & Vargas, C. (1991). *Ácaros fitófagos de América Central: guía ilustrada*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie).

Padilla, J., & Tróchez, A. (2000). Identificación de ácaros asociados a cítricos en el Valle del Cauca e incidencia de especies fitófagas en un cultivo comercial. En *Seminario Nacional sobre Ácaros Asociados al Cultivo de Cítricos* (pp. 37-39). Pereira, Colombia: Asociación Nacional de Productores de Cítricos (Asocítricos).

Peña, J. (1990). Relationships of broad mite (Acari: Tarsonemidae) density to lime damage. *Journal of Economic Entomology*, *83*(5), 2008-2015.

Peña, J., & Bullock, R. (1994). Effects of feeding of broad mite (Acari: Tarsonemidae) on vegetative plant growth. *The Florida Entomologist*, *77*(1), 180-184.

Peña, J., Osborne, L., & Duncan, R. (1996). Potential of fungi as biocontrol agents of *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae). *Entomophaga*, *41*(1), 27-36.

Rázuri, V., & Gonzales-Bustamante, L. (1993). *Phyllocoptruta oleivora* (Acari: Eriophyidae) en naranjo y mandarino cultivados en Huaral, Perú. *Revista Peruana de Entomología*, *36*, 9-12.

Rodrigues, J., & Childers, C. (2002). Óleos no manejo de pragas e doenças em citros. Laranja. *Cordeirópolis*, *23*(1), 77-100.

Rodríguez, I. (2012). *Identificación de ácaros que afectan cultivos de naranja Valencia (Citrus sinensis L.) en el núcleo sur occidental de Colombia y establecimiento de dinámica de población y fenología de algunas especies de importancia económica* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.

Rodríguez, I., Mesa, N., Valencia, M., & Ossa, J. (2017). Population parameters and damage of *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae) in Valencia orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) crop. *Acta Agronómica*, *66*(4), 633-640.

Rogers, M., Stansly, P., Childers, C., McCoy, C., & Nigg, H. (2009). *Florida citrus pest management guide: rust mites, spider mites and other phytophagous mites.* Gainesville, EE. UU.: Universidad de Florida.

Smith, D., & Peña, J. E. (2002). Tropical Citrus Pests. En J. E. Peña, J. L. Sharp & M. Wysoki (Eds.). *Tropical Fruit Pests and Pollinators: Biology, Economic Importance, Natural Enemies and Control* (57-101). Wallingford, Reino Unido: CAB International.

Talhouk, A. (1975). *Citrus pest throughout the world* (Technical Monograph N.° 4). Basilea, Suiza: Ciba-Geigy Agrochemicals.

Van Leeuwen, T., Witters, J., Nauen, R., Duso, C., & Tirry, L. (2010). The control of eriophyoid mites: state of the art and future challenges. *Experimental and Applied Acarology*, *51*(1-3), 205-224.

Vieira, M., Correa, S., Castro, T., Silva, L., & Monteverde, M. (2004). Efeito do cultivo de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em ambiente protegido sobre a ocorrência de ácaros fitófagos e moscas-brancas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *26*(3), 441-445.

Walter, D., Lindquist, E., Smith, I., Cook, D., & Krantz, G. (2009). Order Trombidiformes. En G. Krantz & D. Walter (Eds.). *Manual of Acarology*. Lubbock, EE. UU.: Texas Tech University Press.

Capítulo XI

Insectos plaga de importancia económica en lima ácida Tahití

Arturo Carabalí Muñoz, José Mauricio Montes Rodríguez,
Yeison López Galé y Takumasa Kondo

En su periodo de establecimiento y desarrollo, el cultivo de cítricos se ve afectado por un número importante de insectos plaga, relacionados con la fenología del cultivo. Entre ellos están las escamas protegidas, principalmente el piojo blanco de los cítricos *Unaspis citri* (Comstock) (Hemiptera: Diaspididae), *Praelongorthezia praelonga* (Douglas) (Hemiptera: Ortheziidae) y la cochinilla harinosa de los cítricos *Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae).

También se encuentran las moscas blancas *Aleurocanthus woglumi* Ashby, *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) y *Dialeurodes citri* (Ashmead) (Hemiptera: Aleyrodidae); el minador *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae), *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), y dos especies del picudo de los cítricos, del género *Compsus* Schoenherr (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae) (León, 2005; León & Kondo, 2017; O'Brien & Peña, 2012).

Al final de este capítulo, se da un importante espacio al picudo de los cítricos *Compsus viridivittatus* Guérin-Méneville, que constituye una plaga de importancia económica en los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca, Caldas, Quindío y Risaralda, y de comportamiento ocasional y endémico en algunas zonas productoras con condiciones de suelos y clima propicias para el incremento de las poblaciones del insecto.

Minador de los cítricos

El lepidóptero *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae), originario de Asia, fue introducido en el territorio colombiano desde 1995 (Castaño, 1996). La larva produce galerías en hojas jóvenes recién formadas, lo

que hace que su daño sea más notable y significativo en plantas de vivero y plantas jóvenes, de hasta dos años de edad (Salas, Goane, Casmuz, & Zapatiel, 2006) (figura 69).

Foto: Jose Mauricio Montes

Figura 69. Galerías y larvas del minador de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton en hoja de lima Tahití.

Por lo general, se encuentra una mina por hoja, pero en infestaciones altas pueden ser más (Sánchez, Cermeli, & Morales, 2002). Una sola larva puede afectar el 50 % de una de las dos caras de la hoja, que usualmente es el envés (Robles-González, Medina-Urrutia, & Morfín-Valencia, 2005).

Al final de su desarrollo, este insecto se acerca al margen de las hojas y las enrolla, para protegerse en la etapa de pupa; posteriormente emerge el estado adulto, que oviposita en las hojas (Sánchez et al., 2002). El adulto es una polilla de 4 a 5 mm de envergadura, con escamas que van de blancas a plateadas en las alas anteriores, y una mancha negra en el ápice de cada ala (León, 2001; Sánchez et al., 2002).

Biología

Con una temperatura promedio de 27,7 °C y una humedad relativa promedio de 61,3 %, el ciclo de vida de huevo a adulto se ha estimado en 14,2 ± 1,3 días, y

la longevidad del adulto en 8,9 ± 3,9 días (Sánchez et al., 2002). Aunque tiene otros hospederos, el minador *P. citrella* se alimenta principalmente de cítricos (León, 2001; Robinson, Ackery, Kitching, Beccaloni, & Hernández, 2010).

La producción de nuevos brotes es el factor principal que determina las fluctuaciones anuales del minador. De esta manera, las poblaciones aumentan cuando hay una mayor presencia de brotes (Bermúdez, Martínez, Graziano, Bernal, & Paniagua, 2004; León & Campos, 1999a), la cual coincide por lo general con el principio de la época de lluvias (Liu, Meats, & Beattie, 2008; Salinas, Villanueva, & Zeledón, 1996).

Al alimentarse de las hojas jóvenes, el minador puede causar enrollamiento y distorsión, retraso en el crecimiento y, en combinación con estrés hídrico, defoliación (García-Marí, Granda, Zaragoza, & Agustí, 2002; Salinas et al., 1996). También puede infestar hojas jóvenes de 1 cm a 3 cm de largo y, entre más joven es la hoja afectada, el daño causado es mayor (Robles-González et al., 2005).

Daño

La planta compensa los daños sufridos por el minador de los cítricos produciendo más follaje, o mostrando compensación en su fotosíntesis (Liande, Minsheng, & Qing, 1999; Robles-González et al., 2005). En algunas ocasiones, los daños en las hojas no perjudican de manera significativa la producción de fruta (García-Marí et al., 2002), pero, en otros casos, como en la producción de lima ácida Tahití, las pérdidas han sido cuantificadas en alrededor del 40 % (Peña, Hunsberger, & Schaffer, 2000). Además, las lesiones pueden favorecer la diseminación del chancro de los cítricos, producido por la bacteria *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* (Gallo et al., 2002).

Estrategias de manejo

Es importante tener en cuenta el control natural del minador de los cítricos, ya que se han reportado varios enemigos naturales, como arañas, avispas, crisopas

y parasitoides, y algunos de ellos han alcanzado porcentajes de parasitismo altos, de hasta el 76 % (Amalin, Reiskind, Peña, & McSorley, 2001; Baeza, 2008; LaSalle & Peña, 1997; León & Campos, 1999b; Socarrás & Suárez, 2007).

Aunque es variable, la actividad de parasitoides y depredadores se mantiene durante todo el año, en especial la de los segundos, ya que los primeros necesitan un tiempo para recuperar su nivel poblacional en ausencia de la plaga (Goane et al., 2015; Hoy, Singh, & Rogers, 2007). La acción del control natural puede incluso causar que, en algunas localidades, el minador no sea considerado una plaga de importancia agrícola (Liu et al., 2008).

Con el objetivo de mantener el control natural del minador en la plantación, se deben tener en cuenta los umbrales de daño económico, cuando se decidan las estrategias de manejo y el uso de insecticidas (Bermúdez et al., 2004; Medina et al., 2001).

El umbral de acción para el minador es específico en cada variedad de cítricos y región, y muestra variaciones del 15 % al 25 % en el daño del área foliar; de 0,74 a 1,21 larvas por hoja, o el 50 % de brotes infestados (Huang & Li, 1989; Liande et al., 1999; Liu et al., 2008; Villanueva-Jiménez, Hoy, & Davies, 2000).

En las condiciones de Florida, en lima ácida Tahití se ha determinado un umbral de daño económico del 16 % al 18 % en hojas jóvenes. El porcentaje de daño se estima visualmente, revisando brotes recién formados con alrededor de 12 hojas, en el haz y el envés, y cada cara constituye el 50 % del área de la hoja (Peña et al., 2000). En cítricos en general, el minador solo llega a ser un problema para el que se recomiendan prácticas de manejo, en plantas menores de cuatro años y con el 30 % de hojas jóvenes con minas activas (León, 2001).

En términos generales, el control químico en plantaciones no es necesario (León, 2001). Además, este control se dificulta, porque las larvas se desarrollan en brotes que, al crecer rápidamente, quedan sin la protección de una aplicación (Arcila, Abadía, Achury, Carrascal, & Yacomelo, 2013).

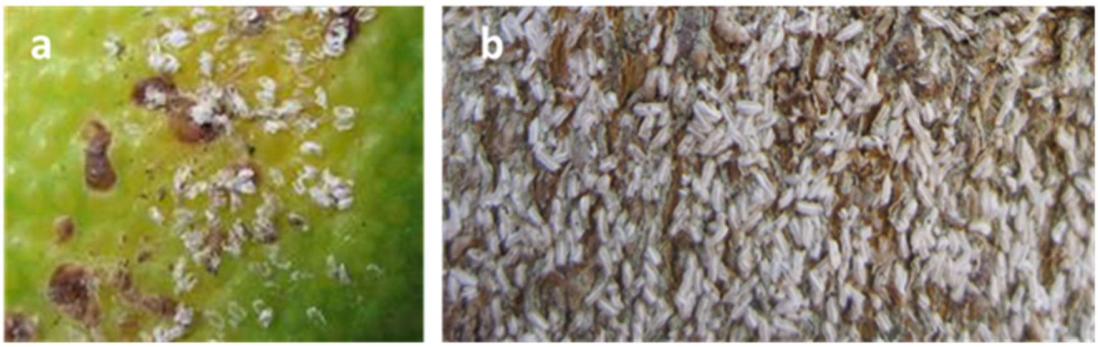
En una evaluación de insecticidas, se encontró que la abamectina (300 ml/ha) y el imidacloprid son los más efectivos para el control del minador (Medina-Urrutia & Robles-González, 2003), pero hay que tener en cuenta la toxicidad de estos productos para organismos benéficos como polinizadores y parasitoides (Ratnakar, Koteswara, Sridevi, & Vidyasagar, 2016).

Otros ingredientes activos recomendados son el dimetoato y la deltametrina (Gallo et al., 2002), así como los inhibidores de quitina y los aceites agrícolas (León, 1997). En plantas jóvenes de limonero de cerca de dos años de edad, el imidacloprid 35 % SC (0,105 g i. a. por planta) y el tiametoxan 25 % WG (0,075 g i. a. por planta), aplicados en *drench*, dan protección por tres meses (Salas et al., 2006).

Por otro lado, bioinsecticidas específicos y extractos vegetales como el neem (*Azadirachta indica*) han mostrado resultados contradictorios. Se han encontrado controles cercanos al 60 % con aplicaciones cada 12 días de *Bacillus thurigiensis* en plántulas en vivero (Salinas et al., 1996), pero no se ha registrado un control satisfactorio en ensayos de campo en limón (Peña & Duncan, 1993).

Escamas protegidas (Hemiptera: Diaspididae)

Las hembras adultas de las escamas protegidas no tienen antenas, alas ni patas distinguibles, y están protegidas por una cubierta o escudo (figura 70a), que es producto de sus excreciones. Los machos tienen apariencia de pequeños mosquitos y son de vida libre (Miller & Davidson, 2005; Fasulo & Brooks, 2010).



Fotos: Takumasa Kondo; Jose Mauricio Montes

Figura 70. *Unaspis citri* en lima ácida Tahití. a. Insectos hembra (cafés) y puparios del macho (blancos); b. Infestación en el tronco del árbol.

En Colombia, se ha registrado un total de 20 especies de escamas protegidas, distribuidas en 13 géneros: *Acutaspis scutiformis* (Cockerell), *Aonidiella comperei* McKenzie, *Aspidiotus nerii* Bouche, *Aulacaspis tubercularis* Newstead, *Chrysomphalus aonidum* (Linnaeus), *Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan), *Hemiberlesia lataniae* (Signoret), *Hemiberlesia palmae* (Cockerell), *Ischnaspis longirostris* (Signoret), *Lepidosaphes beckii* (Newman), *Lepidosaphes gloverii* (Packard), *Lopholeucaspis* sp., *Parlatoria cinerea* Hadden, *Parlatoria pergandii* Comstock, *Parlatoria ziziphi* (Lucas), *Pinnaspis aspidistrae* (Signoret), *Pinnaspis strachani* (Cooley), *Pseudaonidia trilobitiformis* (Green), *Selenaspidus articulatus* (Morgan) y *Unaspis citri* (Comstock) (Kondo, Peronti, Kozár, & Szita, 2012; León & Kondo, 2017; Ramos-Portilla & Caballero, 2017).

Piojo blanco de los cítricos

La escama protegida más importante en el cultivo de lima ácida Tahití es el piojo blanco de los cítricos *Unaspis citri* (Comstock). En sus estados inmaduros, el macho de esta especie posee una cera blanca, que en altas infestaciones ocasiona que el tronco quede cubierto de este color, de donde viene el nombre común en inglés, que se traduce como escama de nieve (Jackson, 1987; Miller & Davidson, 2005) (figura 70).

Este insecto se establece principalmente en el tronco y las ramas de plantas de cítricos, y puede causar agrietamientos en la corteza, que permiten la entrada de patógenos y otros insectos, y provocan defoliación, retraso en el crecimiento e incluso la muerte del árbol (Buckley & Hodges, 2013; Fasulo & Brooks, 2010; León, 2001; León & Kondo, 2017; Medina-Urrutia & Robles-González, 2003).

El piojo blanco de los cítricos es originario del sureste de Asia y está distribuido en las zonas citrícolas más importantes del mundo (European and Mediterranean Plant Protection Organization [EPPO], 2004; Vélez, 1985). Aunque los cítricos son sus hospederos más comunes, hay otros de importancia económica, como coco, guanábana, guayaba, piña y plátano (Buckley & Hodges, 2013; EPPO, 2004). Está presente durante todo el año, pero sus infestaciones son más fuertes en el periodo seco (Medina-Urrutia & Robles-González, 2003).

Debido a que el transporte de material infestado es el medio más efectivo de diseminación de estos organismos (Buckley & Hodges, 2013), es indispensable que en el momento de comprar plántulas, se revise el material y se verifique que no tiene escamas (Miller & Davidson, 2005). También es importante asegurar una adecuada nutrición de las plantas (Jackson, 1987). Por ejemplo, en vivero, las prácticas de fertilización con mucho nitrógeno hacen que las plantas sean más susceptibles a las escamas protegidas (Miller & Davidson, 2005).

El piojo blanco de los cítricos *U. citri* cuenta con un buen control natural, que consiste principalmente en coccinélidos, parasitoides de las familias Eulophidae y Encyrtidae, y el hongo entomopatógeno *Aschersonia* sp. (León, 2001; León & Kondo, 2017; Medina-Urrutia & Robles-González, 2003; Vélez, 1985).

Sin embargo, algunos factores pueden afectar su acción. Por ejemplo, aplicaciones de azufre, utilizado como fungicida o acaricida, pueden perjudicar a los parasitoides del género *Aphytis* (Fasulo & Brooks, 2010). Así mismo, plantas sembradas a orillas de la carretera pueden tener una mayor incidencia de escamas blindadas, debido a las partículas de polvo que afectan a los parasitoides (Miller & Davidson, 2005).

El control de las escamas protegidas se dificulta por la cubierta que las protege (León, 2001; Miller & Davidson, 2005), pero el cepillado de ramas con cerdas plásticas, tejido de fique o material similar es eficiente en ese propósito (Coronado & Ruiz, 1996; Vélez, 1985). Además del control físico, esta práctica puede aumentar la eficacia de las aplicaciones de aceites agrícolas, al dejar descubiertas las escamas (Miller & Davidson, 2005).

Por otro lado, los aceites agrícolas matan a todas las etapas de desarrollo de las escamas y suelen proporcionar un buen control. En el mercado colombiano se consiguen algunos productos de ese tipo, como Biomel, Cosmoil, Neofat, solución cítrica, Triona y Vektor (Kondo, López-Bermúdez, & Quintero, 2010).

Biología

Además del macho adulto, las ninfas más pequeñas afectan las plantas de manera significativa. Se les denomina gateadores, ya que inmediatamente después de salir de los huevos son las únicas activas, y las principales diseminadoras de la especie, pues caminan hasta encontrar un lugar donde alimentarse y allí se establecen.

Estas primeras ninfas también pueden ser transportadas por el viento, equipos de podas, otros insectos y personas (Buckley & Hodges, 2013; Gill, 1997; Miller & Davidson, 2005). En cuanto a los estados de desarrollo sésiles, como las hembras adultas, el transporte de material vegetal infestado es el único medio de dispersión (Watson, 2002).

Estrategias de manejo

Por lo general, las poblaciones de escamas protegidas se mantienen por debajo de los niveles de daño económico, debido a la actividad de los enemigos naturales, como avispas de las familias Aphelinidae y Encyrtidae, y depredadores como coccinélidos, crisópidos, *trips* y ácaros (León & Kondo, 2017; Miller & Davidson, 2005).

La mayoría de los plaguicidas, incluyendo carbamatos, organofosfatos, organoclorados, neonicotinoides y piretroides, muestran una eficiencia importante en el control de la escama de nieve (Brooks, 1964; García, 1981).

Sin embargo, la alta persistencia de estos productos en el ambiente puede afectar el control natural (Jackson, 1987).

Los aceites y jabones agrícolas causan el menor impacto a la fauna benéfica, ya que tienen poca persistencia y solo se activan cuando están húmedos. Para un buen control, son necesarias dos aplicaciones mensuales consecutivas (Jackson, 1987; Miller & Davidson, 2005).

Por otro lado, se recomiendan tres aplicaciones consecutivas con aceites emulsionables con una concentración de entre el 2,0 % y el 2,5 % en agua (Vélez, 1985). Es preferible realizar aplicaciones localizadas en los focos de la plaga, con el fin de favorecer la conservación de los enemigos naturales y sus reservorios (León, 2001; León & Kondo, 2017; Miller & Davidson, 2005).

En el control de *U. citri,* se recomiendan aplicaciones localizadas en el tronco y las ramas afectadas (Medina et al., 2001). Las aplicaciones para el control de escamas son más efectivas cuando el primer estadio, o gateador, está en su pico poblacional (Miller & Davidson, 2005). Para su monitoreo se recomienda cepillar una porción del tronco y revisarla semanalmente (Buckley & Hodges, 2013).

Moscas blancas

A esta denominación responden las especies *Aleurothrixus floccosus* (Maskell, 1896), *Dialeurodes citri* (Ashmead, 1885), *Paraleyrodes* spp. y *Aleurocanthus woglumi* (Ashby, 1915), que pertenecen a la familia Aleyrodidae y al orden Hemiptera.

Los adultos de estas especies tienen un cubrimiento ceroso blanquecino, característica que le otorga su nombre vulgar (Gallo et al., 2002). Además, en reposo, sus alas anteriores cubren a las posteriores, como si tuvieran solo dos.

Los estados inmaduros de la mayoría de estas especies producen secreciones cerosas, pero la forma, tamaño y densidad son particulares de cada una de ellas (figura 71). Por ejemplo, la mosca blanca lanuda *A. floccosus* se distingue

fácilmente en campo, por la cera que produce, que le da una apariencia exterior algodonosa (Gallo et al., 2002) (figuras 71b y 71d).

Fotos: Jose Mauricio Montes

Figura 71. Moscas blancas en plantas de lima ácida Tahití. a. *Paraleyrodes* sp.; b. Moscas blancas asistidas por hormigas; c. Mosca blanca lanuda *Aleurothrixus floccosus*, en el exterior, y *Paraleyrodes* sp. en el centro; d. *Aleurothrixus floccosus*.

Al igual que los pulgones, las moscas blancas producen secreciones azucaradas llamadas miel de rocío, que permiten asociaciones mutualistas con hormigas. En altas poblaciones, estas secreciones favorecen el crecimiento de fumagina, que interfiere con la fotosíntesis de la planta (Gallo et al., 2002) (figura 71b). Además, la miel de rocío y la secreción cerosa las protegen de los enemigos naturales, pues dificultan la acción de parasitoides y depredadores (Luppichini, Ripa, Larral, & Rodríguez, 2007).

La oviposición solo se realiza en el envés de las hojas tiernas (Luppichini et al., 2007; Medina et al., 2001). Aunque los adultos de mosca blanca están presentes durante todo el año, en época de lluvias las poblaciones disminuyen y en época seca se incrementan (Luppichini et al., 2007; Umeh & Adeyemi, 2011). El aumento de poblaciones está relacionado con la extracción de savia y el debilitamiento de la planta, lo que reduce la producción de brotes (León, 2001).

Estrategias de manejo

Para el monitoreo de *A. flocossus*, se recomienda tomar hojas y brotes, y revisar si hay presencia de la mosca blanca y sus enemigos naturales. Si se encuentra una incidencia de un 20 % en brotes y un 15 % en hojas, se espera un ataque fuerte de mosca blanca (Luppichini et al., 2007). Sin embargo, con una buena cantidad de enemigos naturales, se podría tolerar hasta un 25 % de hojas con ninfas vivas (Luppichini et al., 2007).

Otro umbral que se puede considerar es el de 20 a 30 ninfas (en su segundo estadio o mayores) por hoja, en un intervalo de 5 a 10 hojas tomadas aleatoriamente del último brote (EPPO, 2007). El monitoreo también permite detectar focos, lo que es muy útil en el momento de aplicar alguna medida de control, debido a que es preferible hacer aplicaciones solo en los focos, en lugar de hacerlo de manera generalizada (León, 1997, 2001).

En el campo, varios depredadores ejercen un buen control natural de las moscas blancas, que pertenecen a las familias Coccinellidae, Chrysopidae y Miridae, además del *trips Aleurodothrips fasciapennis* (Franklin, 1908). Estas especies consumen los estados inmaduros de *D. citri* (Ashmead, 1885) y *A. flocossus* (Maskell, 1896) (Fasulo & Weems, 2014; Luppichini et al., 2007).

También están los parasitoides de los géneros *Encarsia*, *Eretmocerus* y *Amitus* (Fasulo & Weems, 2014), que son muy eficientes y pueden llegar a porcentajes de parasitismo del 100 % (Soto, Ohlenschläger, & García-Marí, 2001). Gracias a estos agentes de control natural, por lo general las moscas blancas no son un problema en plantaciones de lima ácida Tahití (León, 1997).

Así mismo, se encuentra el hongo entomopatógeno *Aschersonia* spp. (Fasulo & Weems, 2014), el cual puede ser utilizado como agente de control biológico, colectándolo en campo, preparando una solución concentrada de esporas y asperjándolo en las horas de la tarde (Medina et al., 2001). Es necesario tener en cuenta que la aplicación de fungicidas con cobre, como mancozeb, afecta el control natural con este hongo (Medina et al., 2001).

Por otro lado, prácticas agronómicas adecuadas de fertilización y riego tienen un efecto favorable, ya que le permiten a la planta producir más hojas y flores, y disminuir los daños producidos por la mosca blanca lanuda (Nega, Getu, & Hussein, 2014). De igual forma, el buen manejo agronómico contribuye a evitar altas infestaciones (León, 1997).

La calidad de la aplicación tiene mucha importancia, debido a la forma en que estas especies se protegen con cera y se ubican en el envés de las hojas (EPPO, 2007). Por consiguiente, dos aplicaciones mensuales consecutivas de detergentes de uso agrícola aumentan el parasitismo y disminuyen el nivel de daño por mosca blanca, ya que remueven la cera y la miel de rocío que la protegen (León, 1997; Luppichini et al., 2007; Ripa, Rodríguez, Larral, & Luck, 2006).

Por otra parte, la interrupción de la simbiosis entre hormigas y la mosca blanca lanuda puede aumentar el efecto de los enemigos naturales (Belay, Zewdu, & Foster, 2011; Nega et al., 2014). Por lo tanto, aplicaciones de extractos de neem y aceite mineral al 0,5 % afectan las poblaciones de esa mosca y las hormigas que las asisten (Belay et al., 2011; EPPO, 2007).

Aunque la utilización de plaguicidas como carbamatos, ditiocarbamatos, organofosforados o piretroides reduce las poblaciones de mosca blanca, si se hace sin tener en cuenta los umbrales de acción, también afecta el control natural ejercido por depredadores y parasitoides (Ripa et al., 2006), lo que le permite recuperarse y alcanzar niveles de daño económico (Luppichini et al., 2007). Los productos de acción sistémica y translaminar se deben aplicar de manera localizada en los focos de la plaga (León, 2001).

Áfidos o pulgones

Entre los áfidos y pulgones se encuentran las especies *Toxoptera citricidus* (Kirkaldy, 1907), *Aphis gossypii* Glover, 1877, *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1841) y *Aphis spiraecola* Patch, 1914, que pertenecen a la familia Aphididae y al orden Hemiptera.

Los pulgones son insectos con cuerpo globoso (Blackman & Eastop, 2000). Los individuos alados tienen dos pares de alas transparentes que, en reposo, permanecen dobladas en forma de techo sobre el cuerpo (Vélez, 1985). Poseen un par de cornículos, que son conductos cilíndricos en el dorso del abdomen, por los cuales expelen excreciones azucaradas, llamadas miel de rocío (Gallo et al., 2002) (figuras 72b y 72c).

Fotos: José Mauricio Montes

Figura 72. Insectos en lima ácida Tahití. a. Áfidos *Toxoptera citricidus* asistidos por hormigas; b. Pulgón verde *Aphis gossypii* en brote; c. Vista dorsal del pulgón verde; d. Escama acanalada *Icerya purchasi*.

En altas infestaciones, la miel de rocío permite el crecimiento de los hongos *Capnodium* spp., conocidos comúnmente como fumagina, que causa una capa negra en las hojas, que disminuye y restringe la fotosíntesis (Gallo et al., 2002). Los áfidos tienen relaciones de mutualismo con algunas especies de hormigas, en las que estas últimas acceden a la miel de rocío y los pulgones reciben protección frente a depredadores y parasitoides (Gallo et al., 2002; León, 2001; Michaud & Browning, 1999) (figura 72a). Las hormigas también contribuyen en la dispersión del áfido, al transportarlo a nuevos brotes (León, 1997; Michaud, 1998).

En el trópico se encuentran hembras (con y sin alas) y ninfas. La reproducción es partenogénica, es decir, que las hembras no necesitan ser fecundadas para reproducirse. Son vivíparas, no ponen huevos, sino que colocan las ninfas ya desarrolladas. Sus ciclos de vida son muy rápidos, en algunos casos de unos pocos días (Blackman & Eastop, 2007; Vélez, 1985).

Este potencial reproductivo permite que se formen colonias grandes en poco tiempo, por lo que son consideradas plagas ocasionales (León, 2001) (figuras 72a y 72b). Al principio de la colonia, aparecen hembras sin alas, y a medida que aumentan la población y el hacinamiento, se generan hembras con alas, que van a dispersarse y fundar nuevas colonias en otras plantas (Gallo et al., 2002).

Las cuatro especies de áfidos registradas en cítricos por Posada (1989) y Gallego y Vélez (1992) en Colombia, son polífagas y de amplia distribución (Blackman & Eastop, 2000). Se ubican en hojas jóvenes, en brotes recién formados; sus picos poblacionales se pueden detectar en la época de brotación, y el resto del año se mantienen activos, en brotes o chupones dentro de la misma plantación (Blackman & Eastop, 2000; Klas, 1979; León, 2001). Los áfidos también son regulados por la alta pluviosidad (León, 1997).

Estos insectos causan grandes daños en la citricultura, al extraer la savia de las plantas y causar la deformación de brotes, lo que afecta su crecimiento (EPPO, 2007; Gallo et al., 2002). Además, son transmisores importantes de numerosos virus en cítricos, entre ellos el virus de la tristeza de los cítricos (CTV), que puede tener un impacto directo en la producción de lima ácida Tahití (Blackman & Eastop, 2000; León, 2012; Quiroga-Cardona, Hernández-Parrado, Silva-Herrera, & Orduz-Rodríguez, 2010). El pulgón marrón o negro, *T. citricidus*, es común en plantaciones de lima y es el transmisor más eficiente del CTV (Michaud, 1998; Roistacher & Bar-Joseph, 1987).

En cuanto al manejo del CTV, el uso de material certificado y la restricción de árboles infectados son las principales estrategias (Michaud, 1998; Rocha-Peña et al., 1995). También se han reportado patrones con resistencia al CTV, y que son utilizados en cultivos de lima ácida Tahití, como las mandarinas Sunki y Cleopatra, el Citrange Carrizo y el limón Volkameriana (Cruz & de la Garza, 2003). La

estrategia más efectiva para proteger las plantas de vivero de los daños de áfidos y la transmisión de virus son las casas de malla (Michaud, 1998).

Afortunadamente, los áfidos o pulgones cuentan con un abundante y diverso control natural. En sus colonias, es común observar controladores biológicos como larvas de moscas depredadoras, coccinélidos o mariquitas, y pulgones parasitados (León, Evans, & Campos, 2001; Satar et al., 2014; Vélez, 1985).

Gracias a estos organismos, por lo general estos insectos no llegan a causar daños significativos en las plantaciones. Para no afectar las poblaciones de enemigos naturales y no asumir costos innecesarios, la decisión de utilizar cualquier práctica de manejo debe basarse en los resultados del monitoreo en campo (Hermoso de Mendoza, Arouni, Belliure, Carbonell, & Pérez-Panadés, 2006).

Aunque el umbral de daño económico en lima ácida Tahití no ha sido determinado, en otros cítricos como la clementina (*Citrus x clementina*), se ha estimado en un 20 % de brotes afectados o 271 áfidos/m^2 de *A. gossypii*, y un 26,6 % de brotes o 370 áfidos/m^2 de *A. spiraecola* (Hermoso de Mendoza, Belliure, Carbonell, & Real, 2001; Hermoso de Mendoza et al., 2006).

Los árboles jóvenes, en brotación y en floración, tienen una menor tolerancia al daño y son más atractivos para el áfido *T. citricidus* (Michaud, 1998). Por ejemplo, en árboles jóvenes, el umbral es del 10 % de brotes afectados, mientras que en árboles adultos es del 20 % (EPPO, 2007).

Varios hongos entomopatógenos se han evaluado con buenos resultados, tanto en campo como en laboratorio, para el control del áfido marrón de los cítricos *T. citricidus*. Entre ellos se encuentran *Lecanicillium lecanii, Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus* (Balfour & Khan, 2012; Poprawski, Parker, & Tsai, 1999; Rondón, Arnal, & Godoy, 1981).

Debido a que los áfidos solo se desarrollan en brotes, se recomienda realizar aplicaciones de estos hongos como un tratamiento inoculativo, al inicio del periodo de lluvias, cuando comienza la brotación y la humedad relativa alta favorece la proliferación y la infección (Balfour & Khan, 2012; Poprawski et al., 1999).

Aunque los insecticidas sistémicos tienen poco impacto en la fauna benéfica, las aplicaciones granuladas y en *drench* deben restringirse a ciertas épocas del año, para minimizar la contaminación (Michaud, 1998). Este tipo de insecticidas, como acefato (1,5 g/planta), monocrotofos (2,5 g/planta), vamidotion (2,5 g/planta) y acetamiprid (2 g/planta), aplicados con pincel en el tronco, han dado buenos resultados en el control del áfido negro *T. citricidus* (Yamamoto, Roberto, & Pria, 2000), así como aplicaciones sistémicas de dimetoato (Michaud, 1998).

Por otro lado, las aspersiones foliares de insecticidas de contacto deben estar dirigidas a los focos, debido a su efecto negativo en la fauna benéfica (López & Arcila, 2008; Michaud, 1998). Los aceites agrícolas y los extractos vegetales también pueden ser una opción para el control de áfidos (León, 2001).

Escamas acanaladas (Hemiptera: Monophlebidae)

La tribu Iceryini (Hemiptera: Monophlebidae) está compuesta por 84 especies, distribuidas en 5 géneros: *Crypticerya* Cockerell, *Icerya* Signoret, *Echinicerya* Morrison, *Gigantococcus* Pesson & Bielenin y *Gueriniella* Targioni Tozzetti (García, Ramos, Sotelo, & Kondo, 2016; Kondo, Ramos-Portilla, Peronti, & Gullan, 2016).

Doce de las 27 especies de *Crypticerya,* y 6 de las 35 especies de *Icerya* se han registrado en uno o más países de América del Sur (García et al., 2016; Kondo et al., 2016). En Colombia, como plagas de los cítricos, se han reportado dos especies de cochinillas acanaladas: *Icerya purchasi* Maskell y *Crypticerya multicicatrices* Kondo & Unruh (León & Kondo, 2017).

Escama acanalada (*Icerya purchasi* Maskell)

Esta especie es hermafrodita, de cuerpo ovalado y color marrón rojizo con pelos negros, y mide hasta 5 mm de largo. Se encuentra en las ramas y ramitas, y su

cuerpo está adherido a un ovisaco blanco y acanalado, del cual se deriva su nombre (León & Kondo, 2017). Cada ovisaco puede contener entre 600 y 800 huevos rojos (Grafton-Cardwell, 2003) (figura 72d).

La hembra de esta especie puede producir huevos fértiles sin ser fecundada, es decir, puede tener reproducción partenogenética (Grafton-Cardwell, 2003). En una colonia es posible encontrar casi solo hembras, ya que los machos son escasos (EPPO, 2007).

Esta escama, originaria de Australia, está distribuida por todas las regiones citrícolas del mundo (Hamon & Fasulo, 2005). Aunque está presente en otras especies, los hospederos de mayor importancia agrícola, y donde se encuentra más frecuentemente, son los cítricos (Grafton-Cardwell, 2003; Hamon & Fasulo, 2005).

La escama extrae savia, lo que reduce el vigor de la planta, y en infestaciones fuertes causa caída de hojas y frutos, muerte descendente de ramas y disminución significativa de la producción (EPPO, 2007; Grafton-Cardwell, 2003; Hamon & Fasulo, 2005). También produce miel de rocío, que favorece la fumagina (EPPO, 2007; Grafton-Cardwell, 2003; Hamon & Fasulo, 2005), así como su relación con las hormigas, que colectan la miel y protegen a la escama de depredadores y parasitoides (Grafton-Cardwell, 2003).

Las ninfas más pequeñas se concentran en las hojas. Cuando crecen, se dirigen a las ramas grandes, y los adultos se encuentran en las ramas más grandes y en el tronco principal (Grafton & Cardwell, 2003; Hamon & Fasulo, 2005; León & Kondo, 2017; Soares, Elías, & Schanderl, 1999).

Cochinilla acanalada de Colombia

Crypticerya multicicatrices Kondo & Unruh es un insecto escama endémico de Colombia y extremadamente polífago, del que se ha reportado que ataca a más de 150 plantas, incluyendo los cítricos (Kondo, Gullan, & González, 2014).

De acuerdo con Kondo y Unruh (2009), el cuerpo de la hembra adulta de *C. multicicatrices* en vida es de forma elíptica; tiene antenas, patas y ojos marrón

oscuro; su cuerpo es rojo anaranjado, cubierto dorsalmente por cera blanca, con un mechón caudal largo (de hasta 20,5 mm de largo), por lo general de menos de 15 mm de largo, pero siempre más largo que el mechón cefálico.

El dorso del insecto tiene una hilera marginal de 9 mechones cerosos en cada lado, abundante cera harinosa alrededor del submargen dorsal, justo por encima de la hilera de procesos cerosos laterales, formando una cresta submarginal elevada y gruesa, y una cresta cerosa longitudinal mediana, compuesta por aproximadamente 5 mechones cortos. Tiene mechones cerosos en cada lado de los mechones caudales y cefálicos, que son relativamente más largos que otros mechones marginales.

Su ovisaco es alargado, blanco, y tiene un extremo distal estrecho, a menudo curvado hacia arriba, estriado, con 14 o 15 surcos longitudinales. Los mechones caudal y cefálico cuentan cada uno con aproximadamente 4 surcos longitudinales. El ovisaco se abre en la línea dorsomedial, por donde escapan las ninfas del primer instar (Kondo & Unruh, 2009).

Este insecto está presente durante todo el año, con infestaciones más severas en épocas secas (Kondo, Gullan, & Ramos-Portilla, 2012). Produce miel de rocío, que promueve el crecimiento de hongos que causan la fumagina, lo que resulta en daños estéticos en la parte comercial de la planta y reduce la calidad del producto (Kondo et al., 2014). Se ha reportado que está asociado al bajo crecimiento de la guanábana, *Annona muricata* L. (Kondo, 2008), y a la defoliación y muerte súbita de sus hospederos en ataques severos (Kondo, Gullan et al., 2012).

Se ha informado acerca de brotes poblacionales de *C. multicicatrices* en la isla de San Andrés, entre 2010 y 2013, hasta que el coccinélido *Anovia* sp. (Coleoptera: Coccinellidae) controló con éxito este insecto plaga (Kondo et al., 2014). Posteriormente, el insecto depredador fue identificado como *Anovia punica* Gordon (González & Kondo, 2014).

En la zona continental de Colombia, brotes poblacionales de *C. multicicatrices* ocurren con frecuencia en la ciudad de Cali, y afectan árboles urbanos como *Caesalpinia pluviosa* var. *peltophoroides*, *Pithecellobium dulce*, *Pithecellobium*

saman (Fabaceae), y el mango, *Mangifera indica* (Anacardiaceae) (Pinchao, Kondo, & González, 2015).

Estrategias de manejo

En la mayoría de los casos, el control biológico es efectivo y suficiente para mantener las poblaciones de escamas acanaladas por debajo del nivel de daño económico. Sin embargo, en algunas ocasiones, aplicaciones excesivas y generalizadas de plaguicidas han afectado a los enemigos naturales de estos insectos, por lo que han llegado a ser plaga (León, 2001).

La mariquita vedalia *Rodolia cardinalis* (Mulsant, 1850) es el agente de control más conocido (Grafton-Cardwell, 2003). En el país, se ha reportado que *R. cardinalis* y otro coccinélido, *A. punica* Gordon, depredan la cochinilla acanalada de Colombia, *C. multicicatrices* (León & Kondo, 2017; Pinchao et al., 2015).
Si se encuentra evidencia de la presencia de control natural, no son necesarios insecticidas ni otra medida de manejo (EPPO, 2007; Grafton-Cardwell, 2003). Según León y Kondo (2017), en Colombia, las cochinillas acanaladas usualmente no requieren ningún tipo de manejo, debido a que las condiciones ambientales y la acción de enemigos naturales mantienen a estos insectos bajo control.

Se ha reportado una gran variedad de enemigos naturales de *C. multicicatrices*: el hongo *Isaria* sp. (Fungi: Eurotiales: Trichocomaceae) (Kondo, Gullan et al., 2012; Silva-Gómez et al., 2013), *Anovia punica* Gordon (González & Kondo, 2014), *Delphastus quinculus* Gordon, *Diomus seminulus* (Mulsant) (González, López, & Kondo, 2012), *Rodolia cardinalis* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) (Pinchao et al., 2015), *Syneura cocciphila* (Coquillett) (Diptera: Phoridae) (Gaimari, Quintero, & Kondo, 2012), *Brethesiella* cf. *abnormicornis* (Girault) (Hymenoptera: Encyrtidae) (Montealegre, Sotelo, & Kondo, 2016), un hiperparasitoide encyrtido, *Cheiloneurus* sp., y dos géneros de crisopas plaga, *Chrysoperla* sp. y *Ceraeochrysa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) (Kondo et al., 2014).

Los aceites agrícolas son una opción más amigable ambientalmente, y afectan menos a los enemigos naturales y a los polinizadores (Grafton-Cardwell, 2003). El control químico con insecticidas no funciona bien, debido a la capa cerosa que recubre a la hembra adulta y su ovisaco. Por tal razón, para tener una aplicación

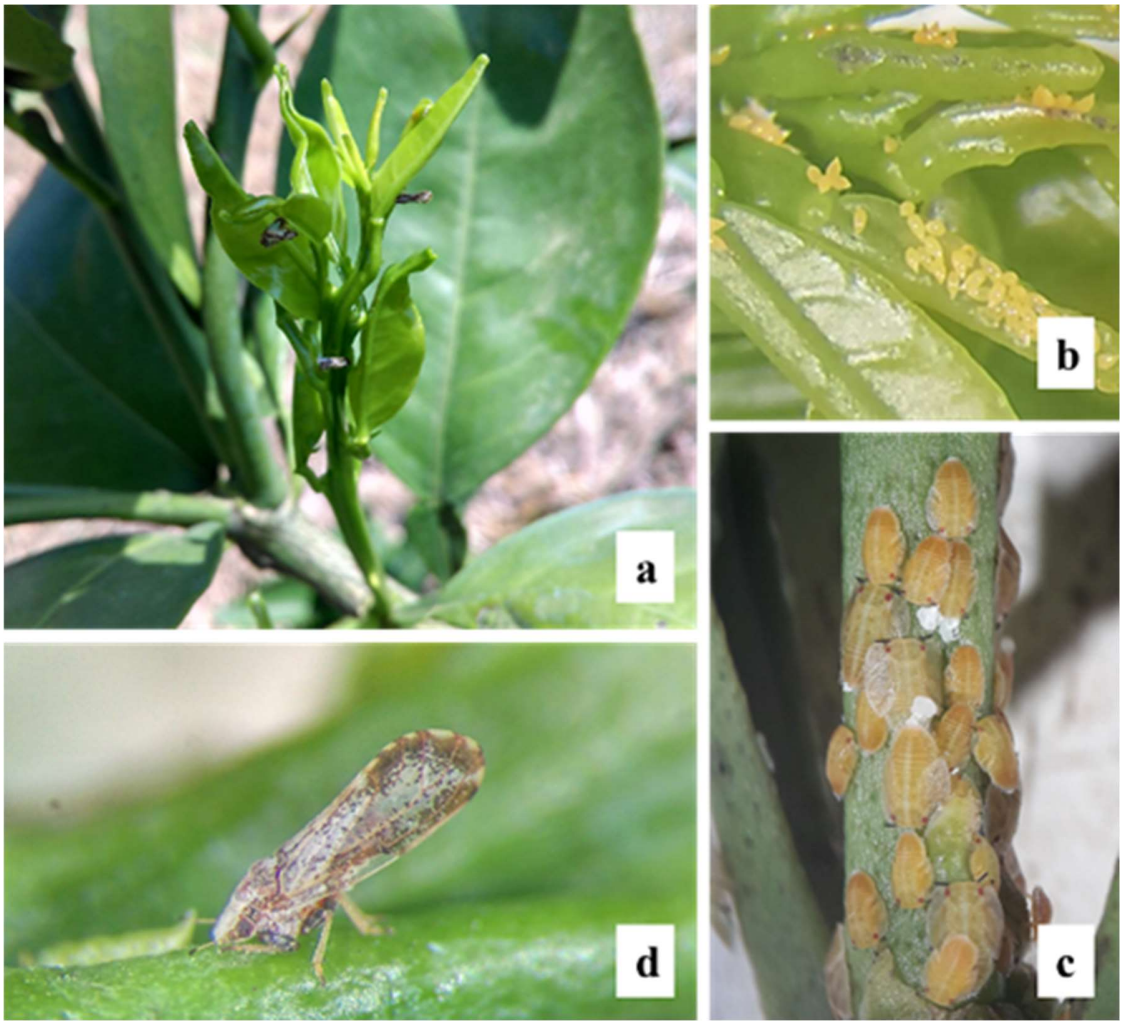
más exitosa, se debe encontrar el momento con mayor presencia de gateadores, que son las ninfas más pequeñas. Con este fin, se pueden monitorear con cintas adhesivas en el cultivo (Grafton-Cardwell, 2003).

Psílido asiático de los cítricos

El psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), es un insecto originario de Asia tropical. En el Nuevo Mundo, ha sido reportado en Argentina, Bahamas, Belice, Brasil, Cuba, Guadalupe, Islas Caimán, Jamaica, México, República Dominicana, Puerto Rico, Santo Tomás y Venezuela; además, se ha informado su presencia en el continente africano, y en las islas Reunión y Mauricio (Catling, 1970; Costa-Lima, 1942; Kondo, García-Córdoba, Sotelo-Cardona, & Ramos-Villafañe, 2017; Mead & Fasulo, s. f.).
El primer registro de *D. citri* en Colombia data de 2007. Actualmente está reportado en 26 departamentos, incluyendo Antioquia, Arauca, Atlántico, Bolívar, Boyacá, Caldas, Caquetá, Casanare, Cauca, Cesar, Córdoba, Cundinamarca, Huila, La Guajira, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, San Andrés, Santander, Sucre, Tolima, Valle del Cauca y Vichada (Ebratt-Ravelo et al., 2011; Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), 2010; King, 2012; Kondo & Simbaqueba-Cortés, 2014; Kondo, García-Córdoba et al., 2017).

En el país se ha informado su presencia en los siguientes cítricos: lima ácida Tahití (*Citrus* x *latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez), mandarina Arrayana y Oneco (*Citrus reticulata* Blanco), naranja Valencia (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck), limón Volkameriana (*Citrus volkameriana* Ten. & Pasq.), mirto (*Murraya paniculata* [L.] [Jack]), y *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr. (King, 2012; Kondo et al., 2015).

D. citri pasa por los estados de huevo, cinco instares ninfales y el estado adulto (figura 73). Las ninfas son de color amarillo naranja, con ojos rojos compuestos, y antenas bien desarrolladas, que se van tornando negruzcas en estados ninfales más avanzados (figura 73c). Las ninfas del último instar se alimentan en brotes tiernos de su planta hospedera, y tienen un abdomen es azul verdoso o amarillo naranja.



Fotos: Yeison David López-Galé

Figura 73. *Diaphorina citri* en lima ácida Tahití. a. Infestación de adultos sobre brote tierno; b. Huevos; c. Ninfas; d. Habitus del adulto.

Los psílidos adultos miden de 2,24 a 2,30 mm de longitud y de 0,61 a 0,65 mm de ancho; poseen alas moteadas de color castaño, ojos rojos compuestos y antenas diminutas con la punta negra. Viven más de 64 días en condiciones de casa de vidrio, y se reconocen por su característica postura que toman sobre el sustrato, que forma un ángulo de 45 grados (García et al., 2016) (figura 73d).

D. citri adquiere importancia como plaga sobre todo porque es el vector de la enfermedad devastadora de los cítricos, el *huanglongbing* o HLB (véase el capítulo XII). En otras ocasiones, el psílido se considera una plaga importante en árboles jóvenes, ya que los brotes tiernos y las hojas jóvenes de la planta infestada pueden deformarse y presentar un bajo crecimiento (Michaud, 2004) (figura 73a).

Las hembras adultas de *D. citri* perforan los tejidos de la hoja para incrustar los huevos durante la oviposición (figura 73b). Esta lesión a veces resulta en el ennegrecimiento y la muerte de los tejidos dañados, y en la abscisión de las hojas apicales antes de la expansión. La alimentación de las ninfas va de la abscisión de las hojas individuales a la muerte del meristema apical, y llega incluso a la abscisión completa de los brotes terminales (Michaud, 2004).

Normalmente, las poblaciones de *D. citri* están reguladas por un control biológico natural. En estudios realizados en el Valle del Cauca (Colombia), se identificó un total de 16 especies de enemigos naturales, pertenecientes a 7 familias y 6 órdenes taxonómicos: *Azya orbigera* Mulsant, *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius), *Chilocorus* cf. *cacti* (L.), *Curinus colombianus* Chapin, *Cycloneda sanguinea* (L.), *Harmonia axyridis* (Pallas), *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, *Olla v-nigrum* (Mulsant), *Scymnus rubicundus* Erichson (Coleoptera: Coccinellidae); *Allograpta* (*Fazia*) CR-2 aff. *hians* (Enderlein), *Leucopodella* sp. (Diptera: Syrphidae); *Zelus* cf. *nugax* Stål (Hemiptera: Reduviidae); *Polybia* sp. (Hymenoptera: Vespidae); *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae); *Ceraeochrysa* sp., *Ceraeochrysa* cf. *claveri* (Navás, 1911) (Neuroptera: Chrysopidae) (Kondo et al., 2015) y *Diaphorencyrtus* sp. (Arias-Ortega, Restrepo-García, & Soto-Giraldo, 2016).

A nivel mundial, se han reportado un total de 101 especies de enemigos naturales, distribuidos en 9 órdenes y 26 familias taxonómicas. La gran mayoría de ellos son Coccinellidae (38,6 %), Chrysopidae (12,9 %) y las larvas de Syrphidae (7,9 %) (Kondo, García-Córdoba et al., 2017).

Dentro de los coccinélidos, en Colombia se destaca la mariquita de seis puntos *Ch. sexmaculata* (Fabricius). De acuerdo con Chávez et al. (2017), es probable que la presencia de los parasitoides *T. radiata* y *Ch. sexmaculata* explique por qué no se han observado altas poblaciones de *D. citri* en Ecuador, a pesar de su reciente introducción en ese país.

Los hongos entomopatógenos también se han utilizado en el control biológico del psílido. Según Kondo et al. (2015), entre las especies de entomopatógenos más mencionadas en la literatura científica se incluyen: *Isaria fumosorosea* Wize (= *Paecilomyces fumosoroseus*), *Hirsutella citriformis* Speare, *Lecanicillium* (= *Verticillium*) *lecanii* Zimm., *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., *Cladosporium* sp. nr. *oxysporum* Berk. & MA Curtis, *Acrostalagmus aphidum* Oudem., *Paecilomyces javanicus* (Friederichs & Bally) AHS Brown & G. Smith, y *Capnodium citri* Berk. & Desm.

El picudo de los cítricos

El picudo de los cítricos *Compsus viridivittatus* Guérin-Méneville (Coleoptera: Curculionidae) es una plaga endémica en algunas fincas con suelos arenosos. Se considera una limitación entomológica del cultivo de cítricos, pues causa daños en el sistema de raíces.

En Colombia, está distribuido en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca. Las larvas se alimentan de la epidermis y la corteza de las raíces, y el estado adulto de hojas inmaduras del árbol, ocasionando pérdidas por la disminución del área foliar en árboles jóvenes y en producción.

Al género *Compsus* pertenecen 101 especies validadas, en su mayoría originarias de Suramérica (Wibmer & O'Brien, 1986). O'Brien y Peña (2012) redescriben dos especies de picudos del género *Compsus* Schoenherr (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae) colectadas en Colombia: *Compsus obliquatus* Hustache y *Compsus viridivittatus* (Coleoptera: Curculionidae). Los adultos de estas dos especies se caracterizan por presentar una mayor variación

en la escala de colores verde y azul metálico, y es común la combinación de patrones entre verde y azul.

En el país, *C. obliquatus* es predominante en los departamentos de Cundinamarca y Tolima, y *C. viridivittatus* exhibe una mayor distribución geográfica, prevaleciendo en las zonas citrícolas de los departamentos de Antioquia, Santander, Tolima y Valle del Cauca (O'Brien & Peña, 2012).

Biología

Los adultos de *C. viridivittatus* muestran un predominio del color blanco hueso, con una línea subdorsal y otra lateral, verdes o azules iridiscentes en cada élitro (figura 74). Sus poblaciones tienen un rango amplio de hospederos, pero los adultos prefieren alimentarse con naranja Valencia *Citrus sinensis* L.

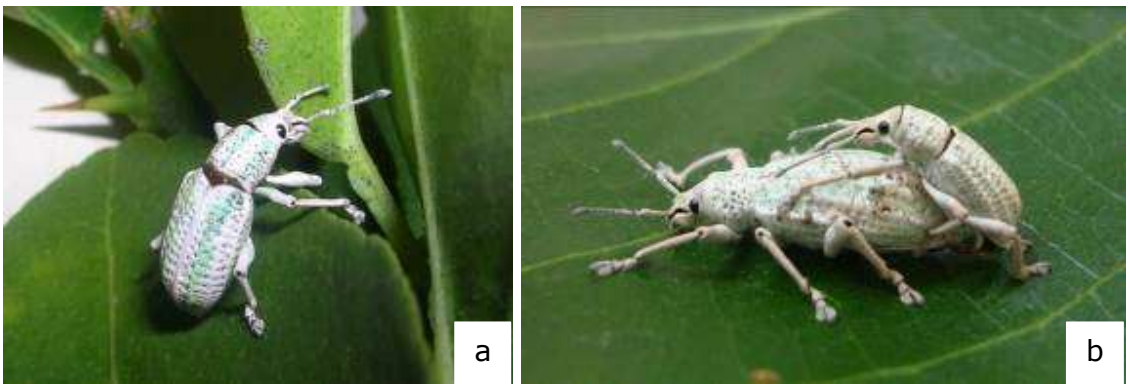


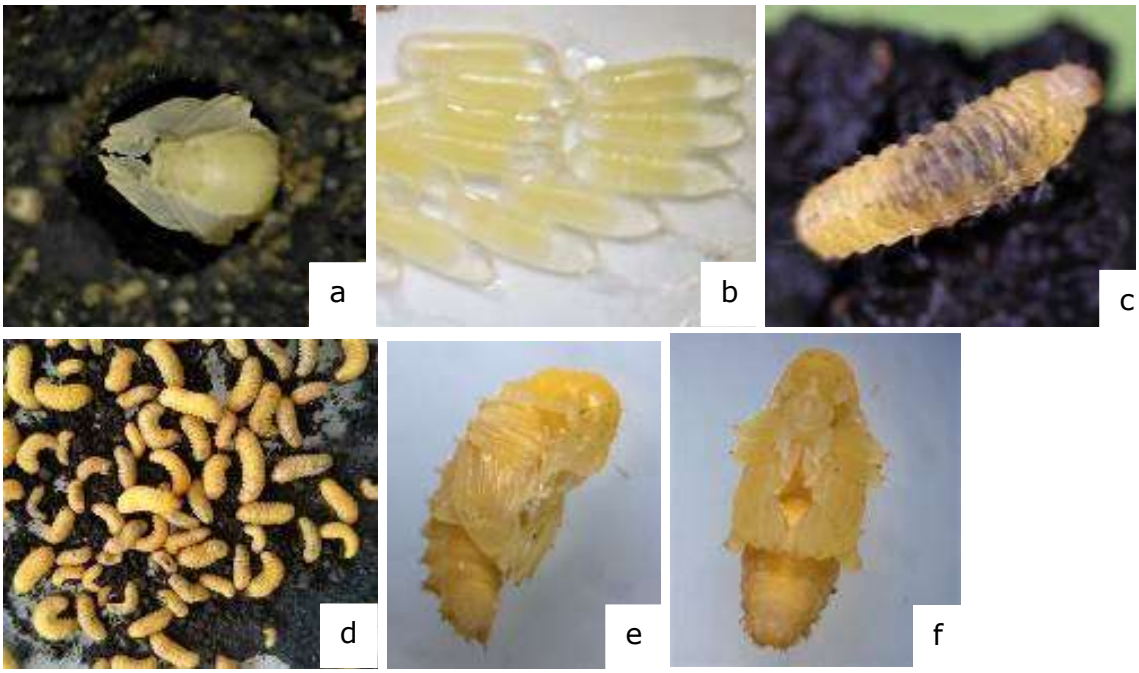
Foto: Arturo Carabalí

Figura 74. *Compsus viridivittatus* Guérin-Méneville. a. Adulto; b. Macho y hembra (de mayor tamaño) en cópula.

Se encontró una menor preferencia de consumo foliar de lima ácida mexicana (limón Pajarito) *Citrus aurantifolia*, pero en este hospedero se observa una mayor predilección para la oviposición. La naranja Sweety fue el material en el cual el insecto mostró una correlación entre consumo y oviposición (Gallego, Caicedo, Carabalí, & Muñoz, 2012).

El picudo de los cítricos adulto presenta dimorfismo sexual: la hembra es más grande y tiene un mayor número de segmentos abdominales, en comparación con el macho (figura 74b). Esta especie es considerada un insecto plaga de doble acción, porque las larvas ocasionan daño al sistema de raíces, y los adultos al follaje y, en menor proporción, a flores y frutos.

El ciclo del insecto de huevo a adulto es de 105 días. El huevo tiene una duración de 9 días, el periodo de las larvas varía entre 80 y 90, el de la pupa es de 15, y el adulto presenta un rango de 220 a 250 días (25 ± 5 °C; 70 ± 5 % HR; D/L 12 horas) (Carabalí-Muñoz, 2015) (figura 75).



Fotos: Arturo Carabalí; Julián Ossa

Figura 75. Estados de desarrollo de *Compsus viridivittatus*. a. Huevos; b. Larva joven; c. Larva madura; d. Vista lateral de la pupa; e. Vista ventral de la pupa; f. Pupa en cápsula de suelo (cocón).

El ciclo inicia cuando las hembras jóvenes emergen del suelo y ponen entre 200 y 300 huevos en masas, en las hojas de los árboles (figura 75a). Cuando los huevos eclosionan, las larvas caen al suelo, se entierran, y en los primeros instares se alimentan de las raíces adventicias de su hospedero (figura 75b).

Una vez que las larvas crecen, profundizan hasta encontrar raíces de mayor desarrollo (figura 75c).

Una vez finalizado el estado de larva, se inicia el de pupa (figuras 75d y 75f). Observaciones recientes han permitido observar cambios en el comportamiento de la hembra, y en la selección del hospedero para oviposición. Muestreos de posturas de picudo sobre árboles de cítricos revelan una baja presencia de masas de huevos sobre hojas pegadas o unidas por el envés y, en contraste, es frecuente encontrar posturas en las plantas de arvenses que rodean los árboles. Estos registros significativos podrían representar un nuevo direccionamiento de los programas de monitoreo y manejo de poblaciones de *C. viridivittatus.*

Daño

Los daños en la planta son causados principalmente por la larva del insecto, que produce galerías a lo largo de las raíces (figura 76a) y ocasiona debilitamiento del árbol, disminución del crecimiento, muerte de los brotes, reducción del tamaño de los frutos, floraciones abundantes y en diferentes épocas, y bajo cuajamiento de frutos. Adicionalmente, las heridas que producen en las raíces favorecen el ingreso de patógenos. Los adultos se alimentan de hojas jóvenes (figura 76b), causan daño en los ovarios, los pétalos y los frutos recién formados (Cano, 2000; Carabalí-Muñoz, 2015; Peñaloza & Díaz, 2004).

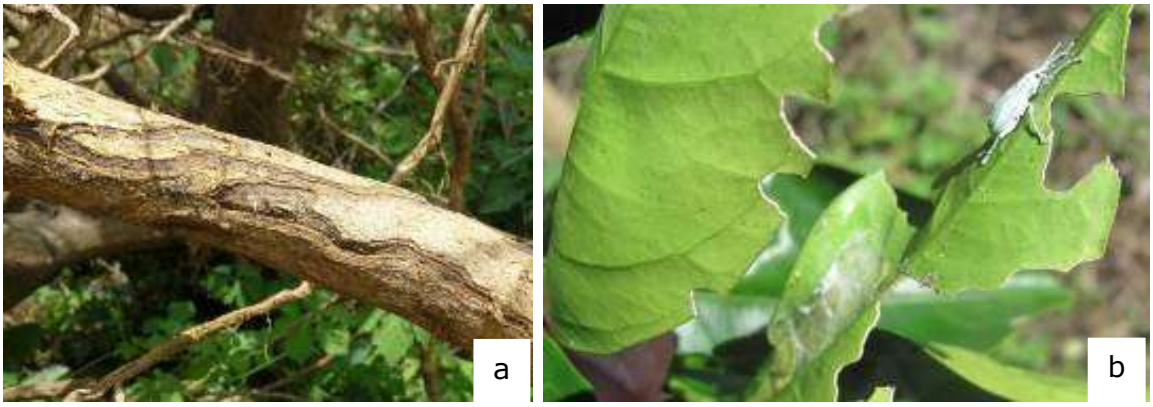


Foto: Arturo Carabalí

Figura 76. Daños causados por *Compsus viridivittatus*. a. Daño ocasionado por las larvas en las raíces; b. Daño típico en el follaje causado por el adulto.

Estrategias de manejo

Métodos de monitoreo de adultos

Un componente importante de las estrategias de manejo de poblaciones de *C. viridivittatus* consiste en el monitoreo o inspección del cultivo, práctica que ha cobrado una mayor importancia, por su aporte en el diagnóstico actualizado de la estimación del tamaño de la población.

Los métodos de monitoreo del insecto plaga buscan conocer el número promedio de individuos por árbol, estimativo que permite la aproximación al número de individuos que podrían causar daños económicos a los cultivos. Adicionalmente, la utilización de estos métodos contribuye al conocimiento del comportamiento de la población en el tiempo.

Trampas de emergencia tipo cono

Se trata de un prototipo modificado y adaptado con materiales nacionales, a partir de un diseño desarrollado por investigadores de AGROSAVIA. Consiste en un cono con estructura de hierro forrado en tul de plástico, que le da la forma cónica. La base mide 1 m de diámetro, y de 2 a 3 cm de diámetro la punta, sobre la cual se adapta una rosca plástica, que permite el ajuste del recipiente (parte final del cono) (figura 77a). Este modelo de trampa se fija al suelo por medio de alambres de 10 cm de largo, ubicados en la parte ancha del cono (figura 77b).

Las trampas se ubican a una distancia de entre 30 y 60 cm del tallo principal, preferiblemente en el mismo punto cardinal (figura 77c). Se sugieren como mínimo de dos a cinco trampas por hectárea, y ubicarlas en los sitios con mayores registros de captura de adultos. Cada semana se registra en cada trampa el número de individuos y su sexo.

Fotos: Arturo Carabalí; David Cardona

Figura 77. Trampa de emergencia tipo cono. a. Prototipo de la trampa; b. Instalación; c. Ubicación en cultivos de cítricos.

Lona al piso

Este método consiste en colocar un plástico de color negro, de 3 a 5 metros de diámetro, que cubra la zona de plateo del árbol y permita registrar el número de adultos que caen cuando se agitan vigorosamente las ramas (figuras 78a y 78b). Como tamaño de muestra, se recomiendan 10 árboles por hectárea. Los recuentos de adultos se realizan preferiblemente cada cuatro semanas por ciclo de cultivo, y los individuos reportados en las capturas se retiran de la plantación.

Foto: Arturo Carabalí; David Cardona

Figura 78. Método de monitoreo de lona al piso. a. Ubicación de plástico; b. Procedimiento de agitación de ramas.

Bandas pegajosas

Se trata de un método alternativo, el cual consiste en cubrir el tallo principal con una banda de plástico de aproximadamente 50 cm de ancho (figura 79a). Las bandas se cubren con pegamento y cada semana se registra el número de capturas de adultos de picudo (figura 79b). Se recomienda ubicar entre 10-20 bandas por hectárea.

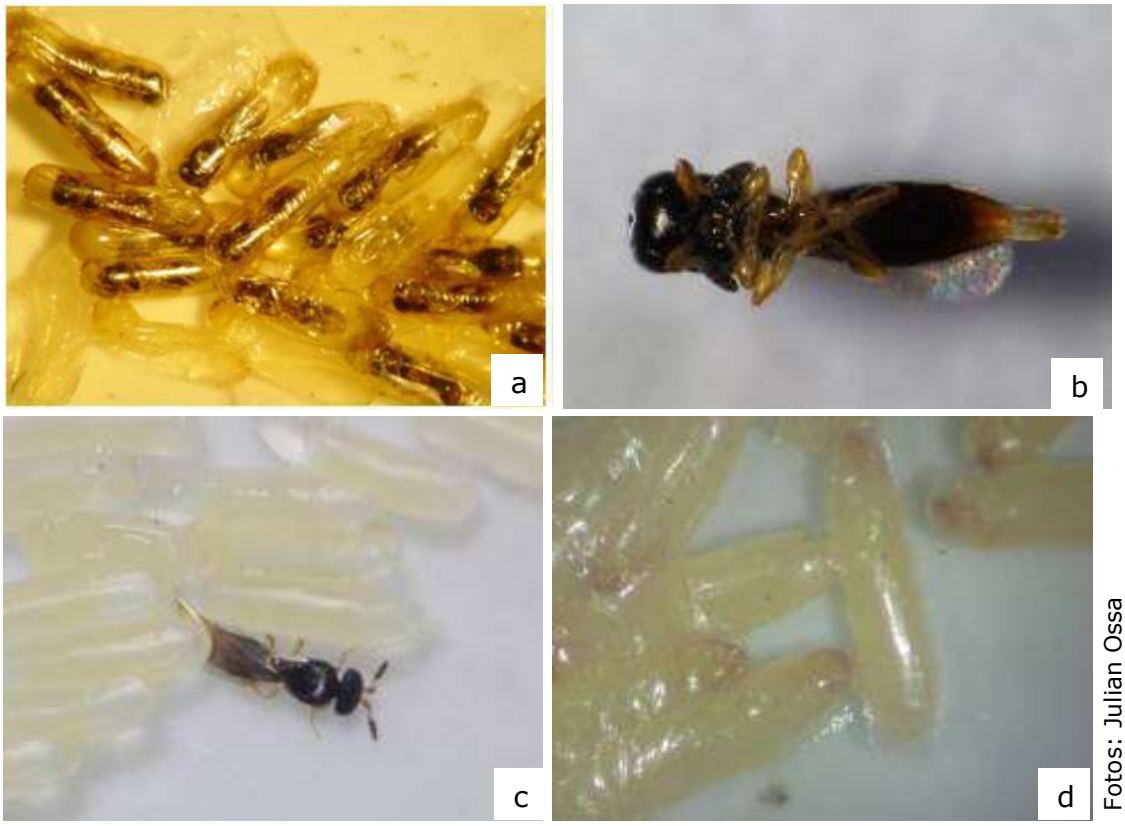
Fotos: Arturo Carabalí

Figura 79. Método de monitoreo de banda pegajosa. a. Banda pegajosa; b. Instalación de banda en árbol.

Parasitismo natural sobre huevos

Muestreos realizados en cultivos de cítricos de Caicedonia, Valle del Cauca (Colombia), mostraron que la mayoría de los huevos del picudo de los cítricos (80 %) se encontraban parasitados por *Fidiobia* sp., parasitoide perteneciente a la familia Platygastridae y la subfamilia Sceliotrachelinae (figura 80a).

El desarrollo del ciclo de *Fidiobia* sp. en *C. viridivittatus* inicia con la selección de los huevos, periodo en el cual la hembra explora las posturas e identifica el sitio, con la ayuda del ovipositor y las antenas (figura 80b). Después del forrajeo de huevos, y de haber realizado varias pruebas, introduce el ovipositor. Cuando han transcurrido entre 7 y 9 días, se pueden observar los primeros síntomas de parasitación (figuras 80c y 80d).



Fotos: Julian Ossa

Figura 80. Parasitoide *Fidiobia* sp. a. Adulto; b. Adulto parasitando huevos de Compsus viridivittatus; c. Huevos con parasitación temprana; d. Huevos con parasitación avanzada.

Reconocimiento de posturas

La búsqueda de sitios de oviposición e identificación de masas de huevos de *C. viridivittatus* debe comenzar con un muestreo semanal, durante una hora. Las observaciones y colectas se realizan en las hojas de los árboles y arvenses, donde normalmente ovipositan las hembras (figura 81a).

Para tener un registro continuo del número de huevos, se recomienda instalar cintas centinelas, fabricadas con plástico blanco, cortado en tiras de 30 cm de largo y 3 cm de ancho (figura 81b). Las cintas se recambian cada semana, y en las que se retiran se registran los huevos parasitados, los cuales pueden ser mantenidos y retornados al cultivo.

Fotos: Arturo Carabalí

Figura 81. Oviposición de *Compsus viridivittatus*. a. Oviposición natural sobre hojas; b. Cinta utilizada para oviposición.

Liberaciones

Antes de hacer las liberaciones del parasitoide, se recomienda tener registros de monitoreos de adultos, y preferiblemente de huevos de *C. viridivittatus.* Las liberaciones deben estar acompañadas de las sugerencias del productor comercial y de los protocolos de distribución, evaluación y registro de poblaciones del parasitoide en campo, desarrollados por AGROSAVIA.

Se aconseja realizar liberaciones de 10.000 individuos por hectárea, distribuidos en 20 árboles. En cada árbol se ubican muestras de 500 individuos, entre dos y tres veces por cada periodo productivo. La presentación comercial del parasitoide es en cintas plásticas, sobre las cuales se encuentran los huevos parasitados con adultos de *Fidiobia* sp., dos días antes de la eclosión.

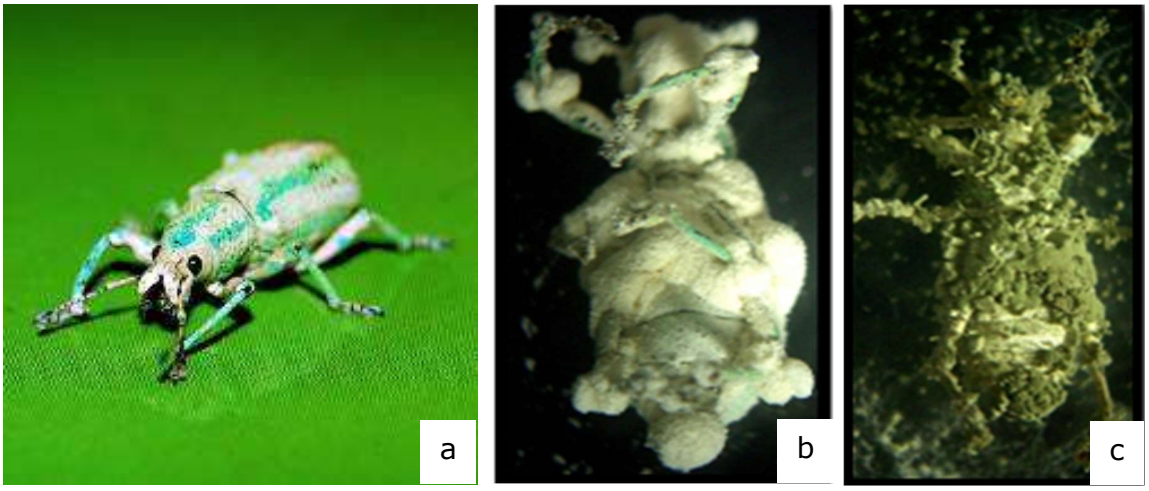
Multiplicación de parasitoides en el sitio

La recuperación y multiplicación del parasitoide en la plantación es una práctica validada. Se recomienda distribuir cintas centinelas en diferentes sitios del cultivo y, una vez que se revisen, retornar al campo los huevos parasitados, ubicándolos en el estrato medio del árbol, preferiblemente en horas de la mañana.

Hongos entomopatógenos como alternativa para el control de larvas

Los hongos entomopatógenos (HEP) *B. bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. y *M. anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin se recomiendan por su efectividad en la reducción de poblaciones del picudo de los cítricos (figura 82a). Hay estudios que revelan que con estas alternativas se pueden alcanzar mortalidades de hasta el 100 % con *B. bassiana* (figura 82b) y el 90 % con *M. anisopliae* (figura 82c).

Para las aplicaciones en campo, se aconseja iniciar con programas de monitoreo que permitan la identificación de los sitios con mayor presencia de adultos, y se sugiere efectuarlas en condiciones de humedad favorables, para alcanzar una mayor efectividad y eficacia del control microbiológico.



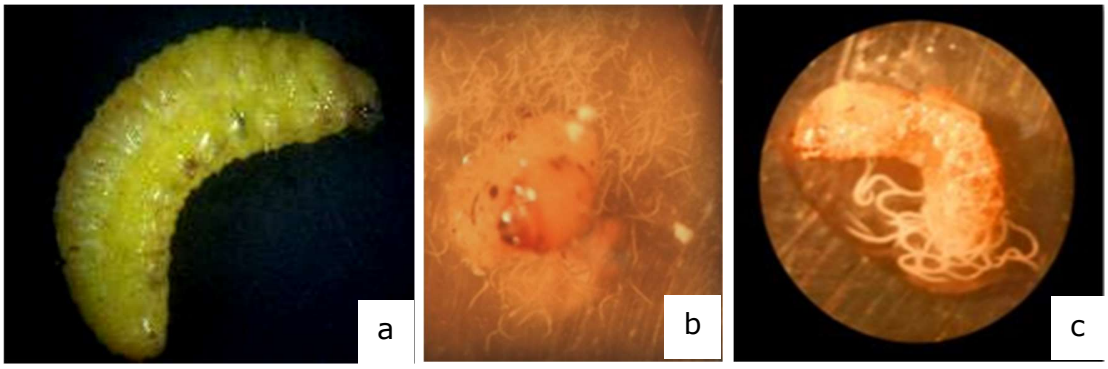
Fotos: Arturo Carabalí; Ana Milena Caicedo

Figura 82. Parasitación de adultos de *Compsus viridivittatus* con hongos entomopatógenos. a. Adulto sano; b. Adulto infectado con *Beauveria bassiana*; c. Adulto infectado con *Metarhizium anisopliae*.

Patogenicidad de nematodos entomopatógenos

El uso de nematodos entomopatógenos (NEP) (figura 83a) como alternativa para la reducción de poblaciones de *C. viridivittatus* es desconocido. No obstante, investigaciones recientes han mostrado que poblaciones nativas de nematodos del género *Steinernema* sp. ocasionan una mortalidad de hasta el 65 % en larvas del picudo de los cítricos.

Para liberaciones en campo, se recomienda tener programas de monitoreo establecidos, que permitan la identificación de los sitios con mayor presencia de adultos emergentes. Una vez que se hayan seleccionado los sitios, se sugiere aplicar 1.000.000 de juveniles infectivos por árbol (figuras 83b y 83c), en condiciones de humedad en el suelo.



Fotos: Ana Milena Caicedo

Figura 83. Parasitación de larvas de *Compsus viridivittatus* con nematodos entomopatógenos del género *Steinernema* sp. a. Larva no infectada; b. Larva infectada de 26 días; c. Larva infectada de 36 días.

Aceites vegetales como disuasores de oviposición

Los aceites vegetales tienen una acción ovicida, ya que actúan como una película que impide el intercambio gaseoso del huevo. Para el caso de las posturas de *C. viridivittatus*, se recomienda el uso de estos aceites por su efecto como disuasores de oviposición, al producir una película sobre la hoja, que impide la normal oviposición de la hembra y dificulta el proceso de plegamiento de las hojas para la protección de las masas de huevos. En el mercado existe un grupo de productos con estas características, los cuales deben ser aplicados en los sitios de mayor infestación y bajo supervisión de un ingeniero agrónomo.

Referencias

Amalin, D., Reiskind, J., Peña, J., & McSorley, R. (2001). Predatory behavior of three species of sac spiders attacking citrus leafminer. *Journal of Arachnology, 29*(1), 72-81.

Arcila, A., Abadía, J., Achury, R., Carrascal, F., & Yacomelo, M. (2013). *Manual para la identificación y manejo de termitas y otros insectos plagas de los cítricos en la región caribe de Colombia*. Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA).

Arias-Ortega, P. L., Restrepo-García, A. M., Soto-Giraldo, A. (2016). Primer registro de *Diaphorencyrtus* sp. (Hymenoptera: Encyrtidae) en Colombia. *Boletín Científico Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas*, *20*(1), 157-165.

Baeza, U. (2008). *Parasitoides del minador de la hoja de los cítricos y del psílido asiático en la costa de Oaxaca* (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, Santa Cruz Xoxocotlán, México.

Balfour, A., & Khan, A. (2012). Effects of *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas on *Toxoptera citricida* Kirkaldy (Homoptera: Aphididae) and its parasitoid *Lysiphlebus testaceipes* Cresson (Hymenoptera: Braconidae). *Plant Protection Science*, *48*(3), 123-130.

Belay, D., Zewdu, A., & Foster, J. (2011). Ecology and management of the woolly whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae), a new invasive citrus pest in Ethiopia. *Journal of Economic Entomology*, *104*(4), 1329-1338.

Bermúdez, E., Martínez, N., Graziano, J., Bernal, H., & Paniagua, A. (2004). *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) and its parasitoids in citrus in Ecuador. *Florida Entomologist*, *87*(1), 10-17.

Blackman, R., & Eastop, V. (2000). *Aphids on the world's crops. An identification and information guide.* Londres, Reino Unido: Jhon Wiley & Sons.

Blackman, R., & Eastop, V. (2007). *Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs Vol. 1: Host lists and keys.* Chichester, Reino Unido: Jhon Wiley & Sons.

Brooks, R. (1964). Control of Citrus Snow Scale, *Unaspis Citri* (Comst.) in Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 77*, 66-70.

Buckley, C., & Hodges, A. (2013). Citrus Snow Scale, *Unaspis citri* (Comstock) (Insecta: Hemiptera: Coccoidea: Diaspididae). En *Featured Creatures*. Gainesville, EE. UU.: Universidad de Florida. Recuperado de http://entnemdept.ufl.edu/creatures/orn/scales/citrus_snow_scale.htm.

Carabalí-Muñoz, A. (2015). *Validación de estrategias de manejo de poblaciones de Compsus viridivitattus y ácaros como aporte del componente entomológico a la construcción del modelo productivo en cítricos* (Informe final). Palmira, Colombia: Corpoica.

Cano-Londoño, D. (2000). Biología, comportamiento y enemigos nativos del picudo de los cítricos (*Compsus n.* sp.) (Coleoptera Curculionidae) en la zona central cafetera. En *Memorias del Seminario Nacional sobre el Picudo de los Cítricos Compsus sp.*, Federación Nacional de Cafeteros, Pereira.

Castaño, O. (1996). El minador de la hoja de los cítricos (*Phyllocnistis citrella*, Stainton). *XXII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen),* Cartagena de Indias, Colombia.

Catling, H. D. (1970). Distribution of psyllid vectors of citrus greening disease, with notes on the biology and bionomics of *Diaphorina citri*. *Plant Protection Bulletin*, *18*(1), 8-15.

Chávez, Y., Chirinos, D. T., González, G., Lemos, N., Fuentes, A., Castro, R., & Kondo, T. (2017). *Tamarixia radiata* (Waterston) and *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius) as biological control agents of *Diaphorina citri* Kuwayama in Ecuador. *Chilean Journal of Agricultural Research*, *77*(2), 180-184.

Coronado, B., & Ruiz, C. (1996). *Escama nevada de los cítricos* Unaspis citri *(Comstock) (Homoptera: Diaspididae)* (Folleto entomológico N.° 2). Ciudad Victoria, México: Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT).

Costa-Lima, A. (1942). Homopteros (Tomo 3). En *Insetos do Brasil* (pp 1-327). Río de Janeiro, Brasil: Escuela Nacional de Agronomía.

Cruz, M., & de la Garza, J. (2003). *Patrones tolerantes al virus de la tristeza de los cítricos en San Luis Potosí* (Folleto técnico N.º 1). Ciudad de México, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Inifap).

Ebratt-Ravelo, E., Rubio-González, L., Costa, V., Zambrano-Gómez, E., Castro-Ávila, A., & Santamaría-Galindo, M. (2011). Primer registro de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) en Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 64*(2), 6141-6146.

European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). (2004). *Unaspis citri:* diagnostic protocols for regulated pests. *EPPO Bulletin,* (34), 299-301.

European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). (2007). Citrus. *EPPO Bulletin,* (34), 43-56. Recuperado de http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2338.2004.00698.x/full.

Fasulo, T., & Brooks, R. (2010). *Scale pest of Florida citrus*. Vero Beach, EE. UU.: Universidad de Florida.

Fasulo, T., & Weems, H. (2014). *Citrus whitefly,* Dialeurodes citri *(Ashmead) (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae).* Vero Beach, EE. UU.: Universidad de Florida.

Gaimari, S. D., Quintero, E. M., & Kondo, T. (2012). First report of *Syneura cocciphila* (Coquillett, 1895) (Diptera: Phoridae), as a predator of the fluted scale *Crypticerya multicicatrices* Kondo & Unruh, 2009 (Hemiptera: Monophlebidae). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, *13*(2), 26-28.

Gallego, F., & Vélez, R. (1992). *Lista de insectos que afectan los principales cultivos, plantas forestales, animales domésticos y al hombre en Colombia*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Gallego, J., Caicedo, A., Carabalí, A., & Muñoz, J. (2012). Comportamiento alimenticio y de oviposición de *Compsus viridivittatus* (Coleoptera: Curculionidae) en especies de cítricos. *Revista Colombiana de Entomología*, *38*(2), 191-195.

Gallo, D., Nakano, O., Silveira, S., Carvalho, R., Baptista, G., Berti, E., ... & Omoto, C. (2002). *Entomologia agrícola.* Piracicaba, Brasil: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ).

García, C. (1981). *Control de algunas plagas en cítricos en el norte del Chocó* (Plegable de divulgación N.º 158). Medellín, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

García, Y., Ramos, Y. P., Sotelo, P. A., & Kondo, T. (2016). Biología de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) bajo condiciones de invernadero en Palmira, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, *42*(1), 36-42.

García-Marí, F., Granda, C., Zaragoza, S., & Agustí, M. (2002). Impact of *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) on leaf area development and yield of mature citrus trees in the mediterranean area. *Journal of Economic Entomology*, *95*(5), 966-974.

Gill, R. (1997). *The scale insects of California. Part 3. The armored scales (Homoptera: Coccoidea: Coccidae)* (Technical Series in Agricultural Biosystematics and Plant Pathology N.º 3). Sacramento, EE. UU.: California Department of Food and Agriculture.

Goane, L., Casmuz, A., Salas, H., Willink, E., Mangeaud, A., & Valladares, G. (2015). Impact of natural control agents of the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* on lemon trees varies among seasons. *Bulletin of Entomological Research*, *105*(6), 685-693.

González, G., & Kondo, T. (2014). Geographical distribution and phenotypic variation of *Anovia punica* Gordon (Coleoptera: Coccinellidae: Noviini), a predatory ladybeetle of fluted scales (Hemiptera: Coccoidea: Monophlebidae). *Insecta Mundi*, *0398*, 1-6.

González, G., López, R., & Kondo, T. (2012). First report of *Delphastus quinculus* Gordon and *Diomus seminulus* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on eggs and first-instar nymphs of *Crypticerya multicicatrices* Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae). *Insecta Mundi*, *0268*, 1-6.

Grafton-Cardwell, E. (2003). *Cottony Cushion Scale* (Pest Notes 7410). Davis, EE. UU.: Universidad de California.

Hamon, A., & Fasulo, T. (2005). Cottony cushion scale, *Icerya purchasi* Maskell (Insecta: Hemiptera: Margarodidae). En *Featured Creatures*. Gainesville, EE. UU.: Universidad de Florida.

Hermoso de Mendoza, A., Arouni, R., Belliure, B., Carbonell, E., & Pérez-Panadés, J. (2006). Intervention thresholds for *Aphis spiraecola* (Hemiptera: Aphididae) on citrus Clementina. *Journal of Economic Entomology*, *99*(4), 1273-1279.

Hermoso de Mendoza, A., Belliure, B., Carbonell, E., & Real, V. (2001). Economic thresholds for *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) on citrus Clementina. *Journal of Economic Entomology, 94*(2), 439-444.

Hoy, M., Singh, R., & Rogers, M. (2007). Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae), and natural enemy dynamics in Central Florida during 2005. *Florida Entomologist*, *90*(2), 358-369.

Huang, M., & Li, S. (1989). The damage and economic threshold of citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* (Stainton) in citrus [Resumen]. En D. J. Li *Studies on the Integrated Management of Citrus Insect Pests* (pp 84-89). Pekín, China: Academic Book and Periodical Press.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2010). *Situación actual de HLB (*Huanglonbing*) y su vector el psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri *Kuwayama) en Colombia* (Boletín epidemiológico). Bogotá, Colombia: ICA.

Jackson, G. (1987). Citrus snow scale. En *Pacific Pests and Pathogens Fact Sheets. Pestnet*. Canberra, Australia: Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR).

King, W. (2012). Dispersión de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en el departamento del Tolima (Colombia). *Revista Tumbaga, 2*(7), 51-60.

Klas, F. (1979). Population densities and spatial patterns of the aphid tristeza vector, *Toxoptera citricida* Kirk. *International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010), 8*(8), 83-87.

Kondo, T. (2008). Las escamas de la guanábana: *Annona muricata* L. *Novedades Técnicas, Corpoica,* (10), 25-29.

Kondo, T., García-Córdoba, C., Sotelo-Cardona, P., & Ramos-Villafañe, Y. (2017). *Diaphorina citri* Kuwayama, hospedante de *Tamarixia radiata* (Waterston). En T. Kondo (Ed.). *Protocolo de cría y liberación de* Tamarixia radiata *(Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae)* (pp. 67-80). Mosquera, Colombia: Corpoica.

Kondo, T., González, G., & Guzmán-Sarmiento, Y. C. (2017). Enemigos naturales de *Diaphorina citri*. En T. Kondo (Ed.). *Protocolo de cría y liberación de* Tamarixia radiata *Waterston (Hymenoptera: Eulophidae)* (pp. 23-34). Mosquera, Colombia: Corpoica.

Kondo, T., González, G., Tauber, C., Guzmán, Y. C., Vinasco, A. F., & Forero, D. (2015). A checklist of natural enemies of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in the department of Valle del Cauca, Colombia and the World. *Insecta Mundi*, *0457*, 1-14.

Kondo, T., Gullan, P., & González, G. (2014). An overview of a fortuitous and efficient biological control of the Colombian fluted scale, *Crypticerya multicicatrices* Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae: Iceryini), on San Andres island, Colombia. *Acta Zoologica Bulgarica*, *Supplement 6*, 87-93.

Kondo, T., Gullan, P., & Ramos-Portilla, A. A. (2012). Report of new invasive scale insects (Hemiptera: Coccoidea), *Crypticerya multicicatrices* Kondo & Unruh (Monophlebidae) and *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Pseudococcidae), on the islands of San Andres and Providencia, Colombia, with an updated taxonomic key to iceryine scale insects of South America. *Insecta Mundi*, *0265*, 1-17.

Kondo, T., López-Bermúdez, R., & Quintero, E. M. (2010). Manejo integrado de insectos escama (Hemiptera: Coccoidea) con énfasis en control biológico. *Novedades Técnicas, Corpoica,* (14), 7-14.

Kondo, T., Peronti, A. L., Kozár, F., & Szita, E. (2012). Los insectos escama asociados a los cítricos, con énfasis en *Praelongorthezia praelonga* (Douglas) (Hemiptera: Coccoidea: Ortheziidae). En C. P. Pássaro-Carvalho (Ed.). *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización* (pp. 173-189). Caldas, Colombia: Corporación Universitaria Lasallista.

Kondo, T., Ramos-Portilla, A. A., Peronti, A. L., & Gullan, P. (2016). Known distribution and pest status of fluted scale insects (Hemiptera: Monophlebidae: Iceryini) in South America. *Redia, 99*(1), 187-195.

Kondo, T., & Simbaqueba-Cortés, R. (2014). *Sarucallis kahawaluokalani* (Kirkaldy) (Hemiptera: Aphididae), a new invasive aphid on San Andres island and mainland Colombia, with notes on other recent invasive species. *Insecta Mundi, 0362*, 1-10.

Kondo, T., & Unruh, C. (2009). A new species of *Crypticerya* Cockerell (Hemiptera: Monophlebidae) from Colombia, with a key to species of the tribe Iceryini found in South America. *Neotropical Entomology*, *38*(1), 92-100.

LaSalle, J., & Peña, J. (1997). A new species of *Galeopsomyia* (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae): a fortuitous parasitoid of the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Florida Entomologist*, *80*(4), 461-470.

León, G. (1997). Manejo integrado de plagas asociadas al cultivo de los cítricos en los Llanos Orientales. En *Citricultura colombiana para los Llanos Orientales* (pp. 99-114) (Memorias del curso). Villavicencio, Colombia: Corpoica.

León, G. (2001). Insectos de los cítricos: guía ilustrada de plagas y benéficos con técnicas para el manejo de los insectos dañinos. Bogotá, Colombia: Corpoica.

León, G. (2005). La diversidad de insectos en cítricos y su importancia en los programas de manejo integrado de plagas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, (74), 85-93.

León, G. (2012). Insectos de los cítricos. En C. P. Pássaro-Carvalho (Ed.). *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización* (pp. 129-162). Caldas, Colombia: Corporación Universitaria Lasallista.

León, G., & Campos, J. (1999a). Fluctuación poblacional del minador de los cítricos *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) en el piedemonte del departamento del Meta. *Revista Colombiana de Entomología*, *25*(3-4), 147-150.

León, G., & Campos, J. (1999b). Parasitoides del minador de los cítricos *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) en el piedemonte del departamento del Meta. *Revista Colombiana de Entomología*, *25*(3-4), 143-146.

León, G., Evans, G., & Campos, J. (2001). Parasitoides de plagas (Homoptera) de los cítricos en el departamento del Meta, Colombia. *Revista Colombiana de entomología*, *27*(3-4), 143-146.

León, G., & Kondo, T. (2017). Insectos y ácaros de los cítricos: compendio ilustrado de especies dañinas y benéficas, con técnicas para el manejo integrado de plagas. Bogotá, Colombia: Corpoica.

Liande, W., Minsheng, Y., & Qing, W. (1999). Damage of citrus leafminer to citrus and its economic threshold. *Chinese Journal of Applied Ecology*, *10*(4), 457-460.

Liu, Z., Meats, A., & Beattie, G. (2008). Seasonal dynamics, dispersion, sequential sampling plans and treatment thresholds for the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae), in a mature lemon block in coastal New South Wales, Australia. *Australian Journal of Entomology*, *47*(3), 243-250.

López, E., & Arcila, Á. (2008). Principales plagas de los cítricos en la región caribe de Colombia: descripción y manejo. En G. Gómez, Á. Caicedo & L. F. Gil (Eds.). *Tecnología para el cultivo de cítricos en la región caribe colombiana* (pp. 103-116). Sevilla, Colombia: Corpoica.

Luppichini, P., Ripa, R., Larral, P., & Rodríguez, F. (2007). Manejo integrado de mosquita blanca algodonosa en cítricos. *Revista INIA Tierra Adentro*, 28-30.

Mead, F. W., Fasulo, T. R. (s. f.). *Asian citrus psyllid,* Diaphorina citri *Kuwayama (Insecta: Hemiptera: Psyllidae).* Vero Beach, EE. UU.: IFAS Extension, Universidad de Florida. Recuperado de http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN16000.pdf.

Medina, V., Robles, M., Becerra, S., Orozco, J., Orozco, M., Garza, J., ... & Félix, F. (2001). *El cultivo del limón mexicano* (Libro técnico N.º 1). Ciudad de México, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Inifap).

Medina-Urrutia, V., & Robles-González, M. (2003). Eficacia de imidacloprid, abamectina y diaflubenzuron para el control de minador de la hoja en limón mexicano. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, *9*(2), 315-332.

Michaud, J. P. (1998). A review of the literature on *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae). *Florida Entomologist*, *81*(1), 37-61.

Michaud, J. P. (2004). Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in Central Florida. *Biological Control*, *29*(2), 260-269.

Michaud, J. P., & Browning, H. (1999). Seasonal abundance of the brown citrus aphid, *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae) and its natural enemies in Puerto Rico. *Florida Entomologist*, *82*(3), 424-447.

Miller, D., & Davidson, J. (2005). *Armored scale insect pest of trees of shrubs (Hemiptera: Diaspididae).* Nueva York, EE. UU.: Cornell University Press.

Montealegre, X., Sotelo, P., & Kondo, T. (2016). Development and reproduction of *Brethesiella* cf. *abnormicornis* (Girault) (Hymenoptera: Encyrtidae), a parasitoid of the Colombian fluted scale, *Crypticerya multicicatrices* Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae). *Environmental Entomology*, *45*(2), 376-383.

Nega, A., Getu, E., & Hussein, T. (2014). Integrated management of woolly whitefly (*Aleurothrixus Floccusus* [Maskell] [Homoptera: Aleyrodidae]) on citrus at Adama, East Shewa Zone, Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, *4*(23), 8-21.

O'Brien, C., & Peña, J. (2012). Two species of *Compsus* Schoenherr, new citrus pests from Colombia (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae). *Insecta Mundi*, *0227*, 1-13.

Peña, J., & Duncan, R. (1993). Control of the citrus leafminer in South Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, *106*, 47-51.

Peña, J., Hunsberger, A., & Schaffer, B. (2000). Citrus leafminer (Lepidoptera: Gracillariidae) density: effect on yield of "Tahiti" lime. *Journal of Economic Entomology*, *93*(2), 374-379.

Peñaloza, M., & Díaz, G. (2004). *Así se maneja y controla el picudo de los cítricos* Compsus *sp.* Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Pinchao, E. C., Kondo, T., & González, G. (2015). *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae), a new predator of *Crypticerya multicicatrices* Kondo and Unruh (Hemiptera: Monophlebidae). *Insecta Mundi*, *0431*, 1-7.

Poprawski, T., Parker, P., & Tsai, J. (1999). Laboratory and field evaluation of hyphomycete insect pathogenic fungi for control of brown citrus aphid (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, *28*(2), 315-321.

Posada, L. (1989). *Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia* (4ª edición) (Boletín técnico N.º 43). Bogotá, Colombia: ICA.

Quiroga-Cardona, J., Hernández-Parrado, F., Silva-Herrera, M., & Orduz-Rodríguez, J. (2010). Comportamiento de la producción de lima Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka), injertada sobre el patrón de mandarina Cleopatra (*Citrus reticulata* Blanco) y la influencia del virus de la tristeza (CTV) en condiciones del piedemonte del Meta, 1997-2008. *Orinoquia*, *14*(1), 5-15.

Ramos-Portilla, A., & Caballero, A. (2017). Diaspididae on *Citrus* spp. (Rutaceae) from Colombia: new records and a taxonomic key to their identification. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, *70*(2), 8139-8154.

Ratnakar, V., Koteswara, S., Sridevi, D., & Vidyasagar, B. (2016). Safety evaluation of certain newer insecticides to european honeybee, *Apis mellifera* Linnaeus. *Journal of Entomological Research*, *40*(3), 261-266.

Ripa, R., Rodríguez, F., Larral, P., & Luck, R. (2006). Evaluación de un detergente en base a benceno sulfonato de sodio para el control de la mosquita blanca *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Hemiptera: Aleyrodidae) y de la arañita roja *Panonychus citri* (McGregor) (Acarina: Tetranychidae) en naranjos y mandarinos. *Agricultura Técnica*, *66*(2), 115-123.

Robinson, G., Ackery, P., Kitching, I., Beccaloni, G., & Hernández, L. (2010). *HOSTS - A Database of the World's Lepidopteran Hostplants.* Londres, Reino Unido: Natural History Museum.

Robles-González, M., Medina-Urrutia, V., & Morfín-Valencia, A. (2005). Daño de minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillaridae) en limón mexicano. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, *11*(2), 379-386.

Rocha-Peña, M., Lee, R., Lastra, R., Niblett, C., Ochoa-Corona, F., Garnsey, S., & Yokomi, R. (1995). Citrus tristeza virus and its aphid vector *Toxoptera citricida*: threats to citrus production in the Caribbean and Central and North America. *Plant Disease*, *79*(5), 437-443.

Roistacher, C., & Bar-Joseph, M. (1987). Aphid transmission of citrus tristeza virus: a review. *Phytophylactica*, *19*(2), 163-167.

Rondón, A., Arnal, E., & Godoy, F. (1981). Comportamiento del *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas, patógeno del áfido *Toxoptera citricida* (Kirk.) en fincas citrícolas de Venezuela. *Agronomía Tropical*, *30*, 201-212.

Salas, H., Goane, L., Casmuz, A., & Zapatiel, S. (2006). Control del minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton en plantas de limonero en vivero con insecticidas sistémicos. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, *83*(1-2), 49-52.

Salinas, L., Villanueva, E., & Zeledón, H. (1996). *Prueba de diferentes insecticidas químicos, botánicos y biológicos para el control del minador de los cítricos en lima Tahití bajo condiciones de vivero* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.

Sánchez, J., Cermeli, M., & Morales, P. (2002). Life cycle of the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) on sweet orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck). *Entomotrópica*, *17*(2), 167-172.

Satar, S., Satar, G., Karacaoğlu, M., Uygun, N., Kavallieratos, N., Starý, P., & Athanassiou, C. (2014). Parasitoids and hyperparasitoids (Hymenoptera) on aphids (Hemiptera) infesting citrus in east Mediterranean region of Turkey. *Journal of Insect Science, 14*(1), 178.

Silva-Gómez, M., Quiroz-Gamboa, J. A., Yepes, F. C., Maya, M. F., Santos, A., & Hoyos-Carvajal, L. M. (2013). Incidence evaluation of *Crypticerya multicicatrices* and *Maconellicoccus hirsutus* in Colombian Seaflower Biosphere Reserve. *Agricultural Science*, *4*(12), 654-665.

Soares, A., Elías, R., & Schanderl, Y. (1999). Population dynamics of *Icerya purchasi* Maskell (Hom; Margarodidae) and *Rodolia cardinalis* Mulsant (Col; Coccinellidae) in two citrus orchards of São Miguel island (Azores). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, *25*(4), 459-467.

Socarrás, M., & Suárez, H. (2007). Infestación, daño y fluctuación poblacional de *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillaridae) en Bahía Concha, Santa Marta (Colombia). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *1*(1), 43- 51.

Soto, A., Ohlenschläger, F., & García-Marí, F. (2001). Dinámica poblacional y control biológico de las moscas blancas *Aleurothrixus floccosus*, *Dialeurodes citri* y *Parabemisia myricae* (Homoptera: Aleyrodidae) en los cítricos valencianos. *Boletin de Sanidad Vegetal. Plagas*, *27*, 3-20.

Umeh, V., & Adeyemi, A. (2011). Population dynamics of the woolly whitefly *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) on sweet orange varieties in Nigeria and association of *A. floccosus* with the entomopathogenic fungi *Aschersonia* spp. *Fruits*, *66*(6), 385-392.

Vélez, R. (1985). Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.

Villanueva-Jiménez, J., Hoy, M., & Davies, F. (2000). Field evaluation of integrated pest management-compatible pesticides for the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) and its parasitoid *Ageniaspis citricola* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Journal of Economic Entomology*, *93*(2), 357-367.

Watson, G. (2002). *Arthropods of economic importance: Diaspididae of the world.* Leiden, Países Bajos: Naturalis Biodiversity Center. Recuperado de https://diaspididae.linnaeus.naturalis.nl/linnaeus_ng/app/views/introduction.

Wibmer, G. J., & O'Brien, C. W. (1986). *Annotated checklist of the weevils (Curculionidae* sensu lato*) of South America (Coleoptera, Curculionoidea).* Gainesville, EE. UU.: American Entomological Institute.

Yamamoto, P., Roberto, S., & Pria, W. (2000). Systemic insecticides applied on citrus tree trunk to control *Oncometopia facialis, Phyllocnistis citrella* and *Toxoptera citricida*. *Scientia Agricola*, *57*(3), 415-420.

Capítulo XII
Principales enfermedades en el cultivo de lima ácida Tahití

Nubia Murcia Riaño, Mónica Betancourt Vásquez, Lumey Pérez Artiles,
Diana Milena Rodríguez Mora, Liliana Ríos-Rojas,
Yeinny Carolina Pisco Ortiz y Mauricio Fernando Martínez

El cultivo comercial de lima ácida Tahití (*Citrus* × *latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) se ve afectado por numerosas enfermedades bióticas de origen fungoso, bacteriano, viral y viroidal, así como por enfermedades abióticas, causadas por desórdenes fisiológicos.

Las principales enfermedades fungosas que se presentan en esta especie en diferentes regiones de Colombia son: antracnosis (*Colletotrichum* spp.), gomosis (*Phytophthora* spp.) y fumagina (*Capnodium* spp.). La antracnosis tiene una amplia distribución nacional y afecta las flores y los frutos, provocando pérdidas considerables en la productividad y la rentabilidad.

En el caso de la gomosis, su efecto principal es la disminución de los sitios productivos dentro del huerto y la reducción de su vida útil. Por su parte, la fumagina impide que la planta realice de manera adecuada el proceso de fotosíntesis, lo que finalmente retrasa el crecimiento de los árboles y provoca la caída prematura de hojas y frutos (Timmer, Mondal, Peres, & Bhatia, 2004).

Dentro de las enfermedades ocasionadas por bacterias está el *huanglongbing* (HLB), causado por *Candidatus* Liberibacter asiaticus, que ha sido reportada recientemente en cinco departamentos de Colombia (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2018), en lima ácida Tahití y limón Pajarito, y por la cual se declaró al país en estado de emergencia fitosanitaria. Es considerada una de las enfermedades más devastadoras para los cultivos de cítricos a nivel mundial (Halbert & Manjunath, 2004).

Las enfermedades sistémicas más limitantes en lima ácida Tahití son el virus de la tristeza de los cítricos (CTV) y el viroide de la exocortis de los cítricos (CEVd). Estas afecciones han adquirido una gran importancia, debido a su método eficiente de transmisión, mediante injertos y material vegetal de propagación contaminados. Por tal razón, ameritan especial atención, para implementar medidas de manejo eficaces.

Por lo general, un huerto de lima ácida Tahití puede ser afectado por una o más de estas enfermedades, dependiendo de la región donde se produzca comercialmente. También puede presentar la muerte de árboles en huertos a partir del cuarto año de su establecimiento en campo, debido a un desorden fisiológico, mientras que en otras regiones productoras la vida útil de un cultivo comercial puede alcanzar hasta 18 años.

En términos generales, estas enfermedades provocan pérdidas significativas en la producción, reducen las áreas de siembra y afectan la calidad de la fruta para los mercados de exportación, lo que afecta la rentabilidad y pone en riesgo la citricultura nacional.

En este capítulo se presentan las enfermedades más frecuentes en el cultivo de lima ácida Tahití en las condiciones de Colombia, agrupadas según sus agentes causales: hongos y bacterias; enfermedades sistémicas por virus y viroides, y aquellas ocasionadas por desórdenes fisiológicos.

A continuación, se hace una descripción general de cada enfermedad; los síntomas, los ciclos y la caracterización del patógeno; los métodos de evaluación y diagnóstico; los factores que predisponen a la enfermedad; las variedades de cítricos susceptibles, y las prácticas de manejo, entre las que se incluyen métodos de control preventivo, cultural, químico y biológico.

Enfermedades fungosas

Antracnosis

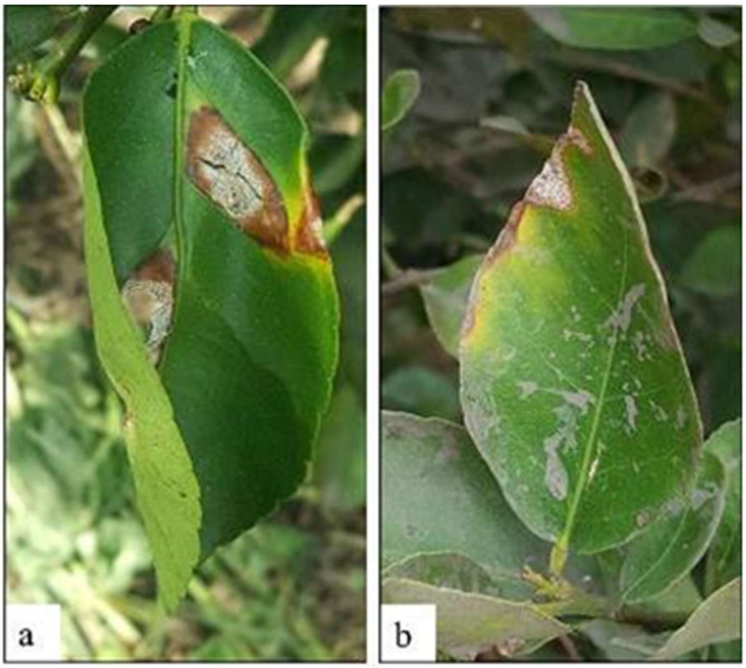
En cultivos de cítricos, se han identificado tres tipos de antracnosis, ocasionadas por especies del género *Colletotrichum* y la familia Glomerellaceae: a) la antracnosis del fruto, causada por *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc., 1884; b) la antracnosis de la lima mexicana o limón Pajarito, y c) la caída prematura de los frutos.

Estas dos últimas son provocadas por *C. acutatum* J. H. Simmonds, 1968 (Peres, MacKenzie, Peever, & Timmer, 2008; Peres, Timmer, Adaskaveg, & Correll, 2005; Timmer, Brown, & Zitko, 1998). Estas enfermedades se manifiestan sobre todo en los frutos y botones florales, pero eventualmente se pueden presentar en las hojas y en plantas en vivero.

Tipo de daño

Los síntomas de antracnosis en las hojas se caracterizan por lesiones redondeadas con bordes definidos cafés oscuros, sobre las cuales, en fases avanzadas de la infección, se presentan los cuerpos fructíferos típicos del hongo, como pequeños puntos negros prominentes. En algunos casos, la lesión puede causar pérdida de tejido o perdigones (figura 84a).

En ocasiones, también se pueden observar lesiones oscuras en los bordes de las hojas, acompañadas del desarrollo de puntos negros, típicos de las estructuras reproductivas del hongo (figura 84b). En general, los tejidos foliares afectados por plagas o por deficiencias nutricionales son más susceptibles a la colonización del hongo, que en este caso actúa como saprofito.



Fotos: Mónica Betancourt-Vásquez

Figura 84. Síntomas de antracnosis en hojas de lima ácida Tahití. a. Lesiones con bordes definidos y formación de perdigones; b. Estructuras reproductivas del hongo y lesiones en los bordes de las hojas.

Los brotes jóvenes suelen ser más susceptibles al ataque del patógeno, y cuando son colonizados por el hongo se tornan pardos y colapsan. En las hojas expandidas aparecen manchas en los bordes y a lo largo del eje central. En caso de infección severa, las plantas pueden sufrir defoliación.

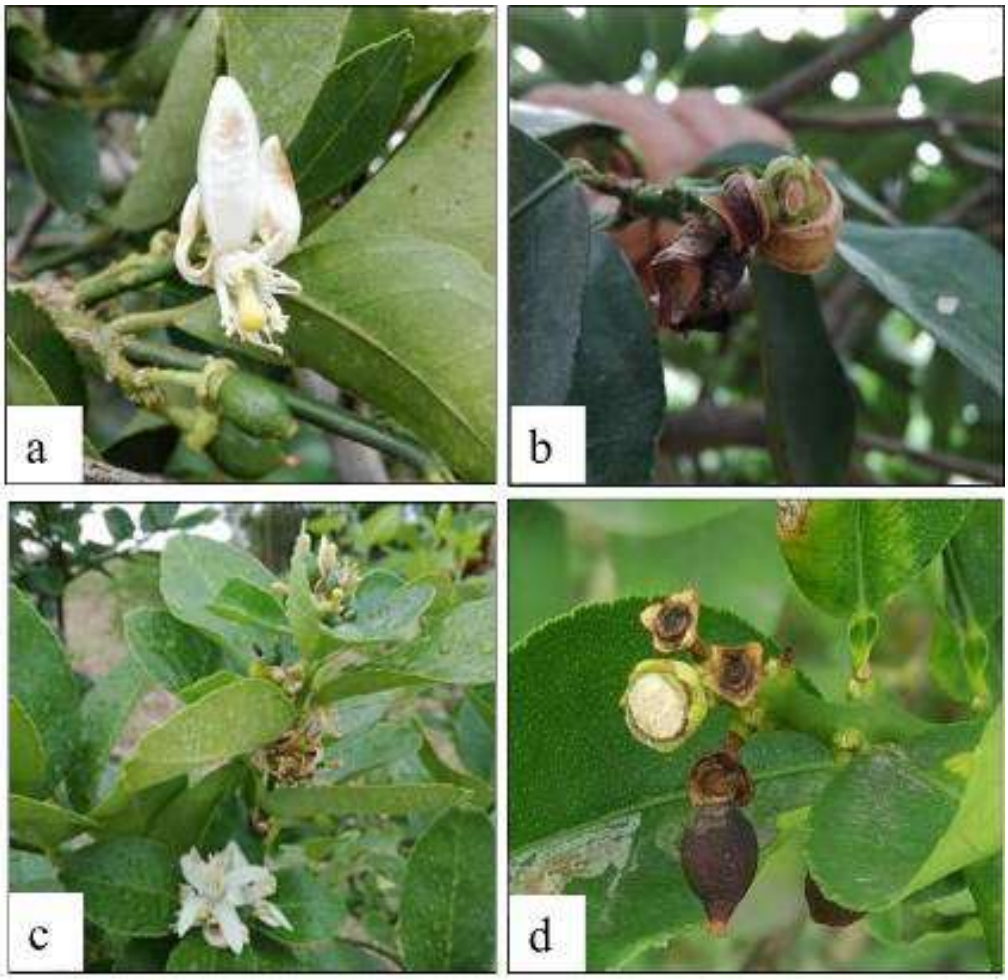
En general, los síntomas en las hojas son frecuentes en los diferentes materiales de cítricos, incluyendo la lima ácida Tahití. Sin embargo, los niveles de severidad son muy bajos, inferiores al 1 % y, por tanto, no se considera un problema limitante.

Por el contrario, los síntomas en las flores y los frutos en desarrollo, que provocan la caída prematura de frutos, son muy frecuentes, con entre un 20 % y un 40 % de incidencia, y pueden llegar a ocasionar niveles de severidad superiores al 15 % en época lluviosa, lo que causa pérdidas importantes en el cultivo.

El primer síntoma en las flores se caracteriza por manchas necróticas en los pétalos, con una distribución desuniforme (figura 85a), que se extiende a todos los pétalos, los cuales toman una apariencia dura y seca, café rojiza (figura 85b) (Aguilera, 2016; Timmer, 2000; Timmer et al., 2004). En ataques severos, se ven afectados los racimos florales completos (figura 85c).

Después del ataque, los pétalos se secan y se quedan pegados a la inflorescencia. Los frutos se caen, y el pedúnculo y el cáliz quedan adheridos al tallo. Comúnmente, esas estructuras se denominan botones o estrellas (figura 85d). La antracnosis es la única enfermedad que produce estos botones y, por lo tanto, son muy útiles para diagnosticar el problema.

En ocasiones, algunos frutos logran iniciar su llenado, pero se infectan rápidamente y se necrosan, quedando adheridos a los botones florales (figura 84d). Cuando hay un ataque severo de la enfermedad, las hojas que se encuentran alrededor de la inflorescencia se deforman, se tuercen y sus nervaduras se agrandan (Aguilera, 2016; Castro, Timmer, Leguizamón, Müller, & Corrales, 2000; Orozco-Santos, 2006; Timmer et al., 2004).



Fotos: Mónica Betancourt-Vásquez; Yeinny Carolina Pisco-Ortiz

Figura 85. Síntomas de antracnosis en lima ácida Tahití. a. Lesión en pétalos; b. Secamiento de pétalos; c. Racimo completo afectado; d. Caída prematura y necrosis de frutos.

Durante la poscosecha también se pueden presentar síntomas de antracnosis en los frutos maduros, los cuales por lo general están asociados con daños mecánicos, como golpes de sol, heridas durante la manipulación en la precosecha y la poscosecha, ataques de plagas o periodos prolongados de almacenamiento. Las lesiones son manchas de color marrón a negro, de entre 1,0 y 1,5 mm de diámetro, que pueden avanzar hasta causar la descomposición de los frutos.

El daño en los frutos suele ser firme y seco, pero si llega a ser lo suficientemente profundo puede causar la pudrición de la fruta. En condiciones húmedas, se puede producir una fuerte esporulación de color rosado a salmón, típico de las especies de *Colletotrichum*. Si se mantienen condiciones secas, las esporas van de marrón a negro, con puntos oscuros muy definidos.

Ciclo y caracterización del patógeno

El inóculo inicial se origina a partir de infecciones latentes o quiescentes del hongo sobre la superficie de las hojas. Cuando la humedad es elevada, se desarrollan pústulas oscuras, que son los cuerpos fructíferos del hongo, denominados acérvulos, que cuando maduran exudan una sustancia mucilaginosa, que contiene millones de esporas. Las esporas se dispersan a los tejidos de la planta por salpicaduras de agua lluvia, riego, rocío, insectos, viento u herramientas de trabajo (figura 86).

Foto: Yeinny Carolina Pisco-Ortiz

Figura 86. Conidias de *Colletotrichum* spp. al microscopio.

El periodo de incubación del hongo oscila entre 12 y 72 horas aproximadamente, dependiendo del tipo de tejido afectado, y los síntomas se pueden presentar entre 5 y 6 días después. Durante el proceso de infección, una vez que el apresorio del hongo se adhiere al tejido foliar, se genera una infección quiescente, estado en el que puede permanecer durante largos periodos (Agostini & Timmer, 1992; Zulfiqar, Brlansky, & Timmer, 1996).

Cuando se inicia el proceso de floración, se estimula la germinación del apresorio, que comienza a producir hifas primarias (Timmer & Brown, 2000). De esta forma, los conidios inician nuevamente su ciclo de dispersión por salpicadura a nuevas flores.

A diferencia de otras especies de *Colletotrichum* o *C. acutatum* en otros hospederos, en la lima el patógeno no coloniza los tejidos vegetativos con facilidad, y parece reducirse únicamente a los tejidos de pétalos (Peres et al., 2005; Peres et al., 2008; Timmer et al., 2004).

En Colombia, *C. acutatum* ha sido reportado como el causante de antracnosis en lima ácida Tahití en numerosas ocasiones (Afanador-Kafuri, Minz, Maymon, & Freeman, 2003; Ospina & Osorio, 2005). En otras especies de cítricos, se ha registrado que *C. gloeosporioides* puede ser aislado de tejidos senescentes (Ospina & Osorio, 2005; Peres et al., 2005; Reyes, Osorio, Martínez, & Hío, 2007), pero su papel en el desarrollo de antracnosis no ha sido demostrado.

Martínez, Hío, Osorio y Torres (2009) y Sanabria et al. (2010) analizaron la diversidad genética de *Colletotrichum* sp., a partir de 84 aislamientos provenientes de lima ácida Tahití de diferentes regiones de Colombia. Se registraron 76 aislados de *C. acutatum,* provenientes de Armenia (7), Pereira (9), Caicedonia (11), Manizales (3), Pompeya (4), Villavicencio (8), Cumaral (10), Restrepo (2), Lebrija (14), Girón (7) y Rionegro (1), y 8 correspondientes a *C. gloeosporioides,* de los municipios de Villavicencio (4), Armenia (1), Caicedonia (2) y Manizales (1).

Los resultados de esta investigación mostraron que el principal patógeno relacionado con la antracnosis de flores de lima ácida Tahití fue *C. acutatum.* En este mismo trabajo también se compararon las poblaciones de esta especie en tomate de árbol tipo tamarillo y lima ácida Tahití, y se encontró que el 78 % de las diferencias podían ser atribuidas al hospedante y el 22 % a diferencias entre los aislados, lo cual sugiere que *C. acutatum* se especializa por tipo de hospedante. Además, en las poblaciones del patógeno procedentes de lima, se observó una mayor heterogeneidad y diversidad.

Métodos de evaluación

La caída prematura de flores y frutos son síntomas relativamente fáciles de reconocer y, por lo tanto, constituyen una clave para el diagnóstico (Timmer, 2000). El síntoma típico corresponde al pedúnculo y el cáliz totalmente adheridos al tallo, que se denominan botones o estrellas, los cuales pueden utilizarse para identificar niveles de incidencia de la enfermedad.

Para evaluar esta incidencia, se recomienda muestrear al menos 10 árboles por hectárea, considerando las diferencias en el tipo de cultivo, es decir, si hay diversos tipos de suelo, materiales de siembra o microclimas dentro del lote que se va a analizar; por consiguiente, cada lote debe examinarse independientemente. Se recomienda dividir el árbol en cuatro cuadrantes y por altura del follaje —baja, media y alta—, e inspeccionar al menos cinco botones florales por cuadrante en la zona alta del árbol (figura 87).

Fotos: Yeinny Carolina Pisco-Ortiz

Figura 87. Esquema de evaluación de enfermedades en cítricos.

En cada botón floral se debe determinar la presencia o ausencia de los síntomas de la enfermedad, y la incidencia se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia de antracnosis} = \frac{\text{N. º de botones enfermos x 100}}{\text{N. º de botones evaluados}}$$

En Colombia no existen estudios que determinen umbrales de acción o de daño económico de la antracnosis en cítricos. Sin embargo, dado que el rendimiento depende del porcentaje de los frutos cuajados, y que se ha reportado un cuajado de entre el 1 % y el 3 % para cítricos, las pérdidas en rendimiento por antracnosis pueden no ser tan graves, teniendo en cuenta los altos niveles de floración reportados para especies cítricas (Timmer & Zitko, 1992, 1995).

En términos generales, se acepta que hasta el 20 % de las flores se infecte, sin que esto represente una pérdida significativa de rendimiento (Timmer & Zitko, 1992). Para las condiciones específicas de Colombia, Castro et al. (2000) recomiendan hacer un manejo y aplicaciones de fungicidas, si hay una incidencia superior al 5 % de botones florales afectados.

Factores predisponentes

En el cultivo, el patógeno se puede dispersar por salpicadura desde las flores, dentro o entre árboles cercanos (Agostini, Gottwald, & Timmer, 1993). Para infectarse, es necesario que las flores permanezcan de 8 a 10 horas con suficiente humedad (Timmer & Zitko, 1993). Por lo tanto, un rocío prolongado es una excelente condición para favorecer el desarrollo del patógeno.

La germinación del patógeno y el desarrollo de la enfermedad están relacionados directamente con el contenido de humedad durante el periodo de floración. Además, la alternancia de temperaturas bajas y altas favorece la germinación y desarrollo de *Colletotrichum* sp. Otro factor clave en la epidemiología de la enfermedad es la disponibilidad del inóculo, de tal forma que floraciones múltiples en un solo año aumentan la probabilidad de la presencia de altas poblaciones de *C. acutatum* en hojas y flores.

Se calcula que es posible que en un pétalo se produzcan hasta 10 millones de esporas, lo cual puede propiciar rápidamente estados epidémicos dentro de un cultivo. Algunos registros indican que los polinizadores (abejas) y otros insectos tienen la capacidad de dispersar la enfermedad en distancias cortas (Gasparoto et al., 2017).

En general, los factores que favorecen la severidad de la enfermedad son: lluvia durante la floración, permanencia de una humedad superior al 80 %, altas densidades de siembra, mala disposición de las ramas y temperaturas alrededor de los 22 °C (Peres et al., 2005; Timmer et al., 2004).

En condiciones de los Llanos Orientales, se reportó una mayor presencia de infecciones quiescentes en la parte superior del follaje de los árboles de lima ácida Tahití, y se observó una colonización de la superficie de las hojas de entre el 40 % y el 50 % con acérvulos de *C. acutatum*, ubicados principalmente en la zona cercana a la nervadura central de la hoja (Osorio, 2008).

Susceptibilidad de materiales

La antracnosis puede afectar a todas las variedades de cítricos. Por lo general, es más severa en aquellas que tienen floración abundante o que florecen frecuentemente fuera de época. Es común que el limón y la lima sean muy afectados y, dentro de los naranjos, la naranja ombligona y la Valencia son las más susceptibles (Castro et al., 2000). Debido a la importante relación entre la presencia del patógeno y las condiciones ambientales, el efecto del patrón no es determinante en la incidencia de la enfermedad.

Prácticas de manejo

El manejo de la antracnosis requiere prácticas preventivas y de control, como las siguientes:

1. Disminuir la humedad relativa dentro del cultivo, con prácticas culturales como las podas de formación y un adecuado manejo de arvenses.
2. En caso de usar riego, se debe evitar la aspersión, porque genera condiciones de rocío y alta humedad en las hojas, que pueden aumentar las infecciones quiescentes del patógeno.
3. Disminuir el inóculo mediante podas sanitarias, y eliminar frutos enfermos y residuos de podas.
4. Realizar un registro de las floraciones, así como un monitoreo continuo de los síntomas de la enfermedad.
5. Hacer aplicaciones preventivas de fungicidas protectores antes de la floración, en zonas con registro de alta incidencia de la enfermedad, y dirigidas hacia la parte superior y media del follaje.
6. Cuando se registren incidencias de botones estrellados superiores al 20 %, se recomienda realizar aplicaciones de fungicidas.

Gomosis o podredumbre del tallo

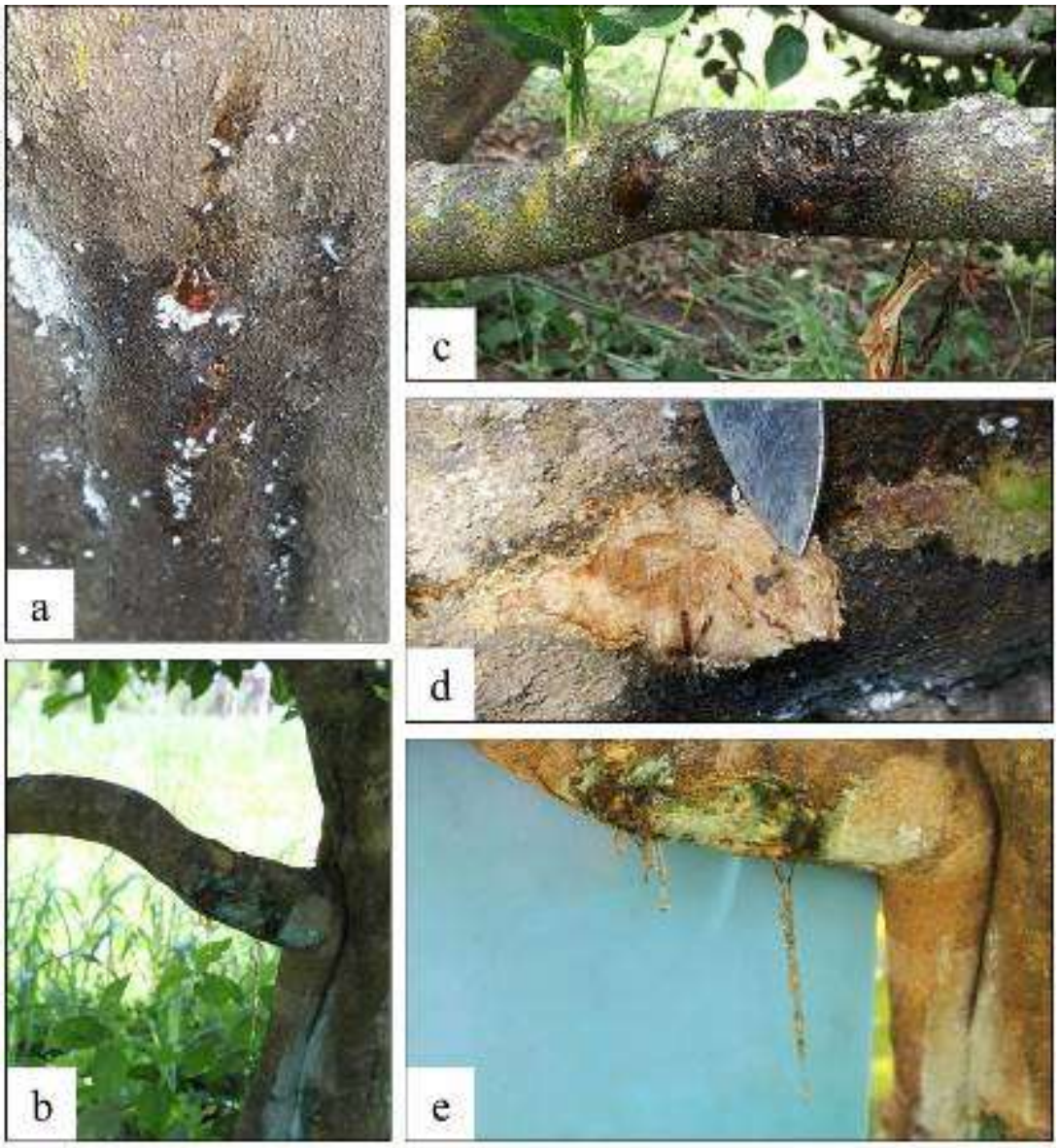
En los cultivos de cítricos se han identificado tres síntomas típicos de infecciones causadas por *Phytophthora* spp., en función de la zona del árbol afectada: gomosis del tronco y las ramas, podredumbre del cuello y las raíces, y aguado de los frutos (Vicent et al., 2012). Los dos primeros son muy destructivos, porque en estados avanzados causan la muerte de la planta. El tercero está asociado a problemas de poscosecha y no es muy común.

Phytophthora spp. puede infectar en cualquier fase del desarrollo del cultivo, incluso en vivero, y puede afectar tanto al portainjerto como a las copas o variedad injertada en cualquier edad. Además, es común que aparezca en la zona de unión del portainjerto y el injerto, por la susceptibilidad natural de esa zona, así como en la presencia de heridas que favorecen su desarrollo.

Tipo de daño

El síntoma de la gomosis consiste en la producción de exudados de goma resinosa sobre los tallos o ramas principales del árbol. Este síntoma es típico en plantas leñosas cuando se presentan daños mecánicos o estrés hídrico.

Sin embargo, si está asociado a la enfermedad, se caracteriza por estar acompañado de una necrosis que causa agrietamiento de los tallos, abundante exudado ámbar o café oscuro, y formación de cancros. En árboles de cítricos, este síntoma suele presentarse en el tallo principal, a unos 40 o 50 cm de su base, aunque también puede aparecer en ramas secundarias (Savita & Avinash, 2012) (figura 88).



Fotos: Mónica Betancourt-Vásquez

Figura 88. Síntomas de gomosis en lima ácida Tahití. a. Gomosis incipiente e inicio de cancro alrededor de la lesión en el tallo principal; b. Gomosis en rama secundaria, recurrente incluso después de la aplicación de fungicida; c. Gomosis en ramas; d. Síntoma interno; e. Acercamiento de los síntomas.

Los cancros tienen una forma irregular y pueden profundizarse hasta los haces vasculares y el cilindro central. Cuando el daño en los haces vasculares alcanza más del 50 % del diámetro del árbol, se produce el daño denominado anillamiento, que se refiere a que la lesión afecta completamente los vasos conductores.

Por consiguiente, la planta no puede tomar agua ni nutrientes del suelo, y se empiezan a presentar amarillamiento, defoliación, secamiento o necrosis de ramas y, al final, la muerte del árbol. Dependiendo del porcentaje y la zona del anillamiento, se puede observar el secamiento de zonas específicas en las ramas del árbol (figura 89).

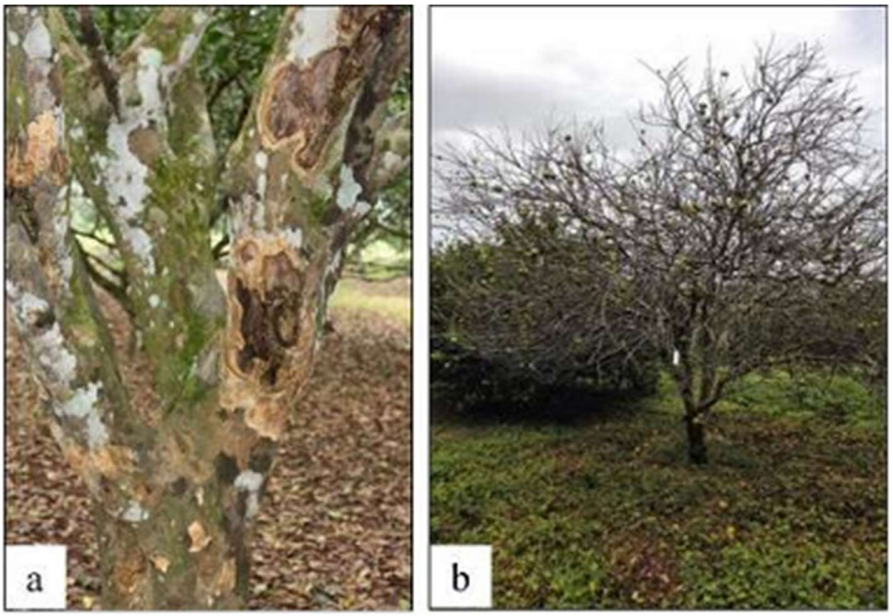
Foto: Yeinny Carolina Pisco-Ortiz

Figura 89. Cancro externo provocado por Phytophthora sp.: oscurecimiento de corteza, exudaciones de goma, pudrición interna en el tronco y en la inserción patrón-copa.

Por lo general, los árboles afectados desarrollan amarillamiento de las hojas, pérdida de vigor, y finalmente mueren. Si el portainjerto utilizado es resistente al hongo, la expansión de la lesión se detiene en la unión, pero, si es susceptible, los mismos síntomas se pueden observar debajo de la unión y en las raíces principales (Savita & Avinash, 2012).

La gomosis de los cítricos desaparece después de fuertes lluvias o un tiempo húmedo, pero en condiciones secas persiste en el tronco. Si el hongo detiene su crecimiento o muere, el área afectada es rodeada por un tejido calloso que protege el tronco. Si la lesión no ha avanzado hasta los tejidos conductores, pueden hacerse tratamientos localizados para eliminar el tejido afectado, y el árbol puede continuar su crecimiento (Castro et al., 2000) (figura 90a).

Por lo general, el síntoma de podredumbre del tallo se presenta en su base y, usualmente, está asociado a daños mecánicos en la corteza del árbol y cerca del suelo. La infección avanza de manera progresiva desde la base hacia arriba, causando necrosis de los tejidos y anillamiento del árbol (figura 90b).



Fotos: Mónica Betancourt-Vásquez; Yeinny Carolina Pisco-Ortiz

Figura 90. Síntomas avanzados de gomosis en lima ácida Tahití. a. Cancro y necrosis interna en el tallo principal y las ramas secundarias; b. Muerte del árbol.

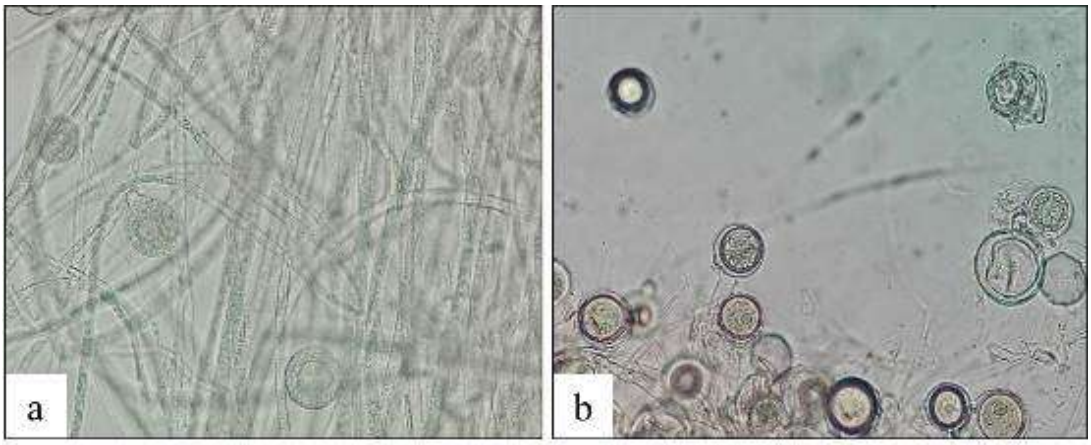
Ciclo y caracterización del patógeno

Phytophthora pertenece a la familia Peronosporaceae y es un oomiceto cosmopolita que se adapta bien a condiciones subtropicales y tropicales. Tiene un amplio rango de hospederos, que incluyen plantas herbáceas (tabaco, tomate, clavel) y especies maderables (cítricos, eucaliptos, aguacates).

Las especies más importantes del patógeno relacionadas con síntomas de la enfermedad en cítricos son: *P. parasitica* Dastur, 1913; *P. nicotianae* Breda de Haan, 1896, *P. citrophthora* (R. E. Sm. & E. H. Sm.) Leonian (1925) y *P. palmivora* (E. J. Butler), 1919. En general, *P. nicotianae* se ha identificado en regiones tropicales, mientras que *P. citrophthora* se encuentra en zonas con clima mediterráneo.

Otras especies de *Phytophthora* spp. han sido reportadas como causantes de la enfermedad en diferentes áreas de cítricos alrededor del mundo, como *P. boehmeriae* Sawada, 1927; *P. cactorum* (Lebert & Cohn); *P. cinnamoni*; *P. citricola* Sawada, 1927; *P. dreschleri*; *P. hibernalis* Carne, 1925, *P. megasperma* Drechsler (1931) y *P. syngiae* (Acosta-Pérez et al., 2012; Ahmed et al., 2012; Phung, Pongnak, Soytong, & Poeaim, 2015; Savita & Avinash, 2012; Timmer & Menge, 2000; Yassen, Schena, Nigro, & Ippolito, 2010).

El ciclo de la enfermedad causada por *P. nicotianae* comienza con la producción de esporangios, que liberan grandes cantidades de zoosporas, clamidosporas y oosporas. Con el tiempo y las condiciones apropiadas, las zoosporas germinan para formar micelio. La temperatura óptima para el crecimiento micelial es de 27 a 32 °C (Savita & Avinash, 2012) (figuras 91a y 91b).



Fotos: Yeinny Carolina Pisco-Ortiz

Figura 91. Observación al microscopio de *Phytophthora nicotianae*. a. Micelio y esporangios típicos; b. Clamidosporas.

Las clamidosporas y oosporas de las especies de *Phytophthora* que afectan las plantas de cítricos en el vivero son capaces de sobrevivir en el suelo por largos periodos. La alta humedad favorece que estas estructuras germinen formando micelio, a partir del cual, si hay agua lluvia, rocío o riego, germinan los esporangios. Cuando estas estructuras maduran, se liberan las zoosporas que, en presencia de agua, se mueven con ayuda de sus flagelos (Savita & Avinash, 2012; Timmer & Menge, 2000; Yassen et al., 2010).

La migración de las zoosporas a los sitios de infección está relacionada directamente con la presencia de los exudados radicales durante el proceso de elongación y crecimiento de las raíces. Después del periodo móvil, las esporas se enquistan en la superficie del hospedero y luego germinan.

Más adelante, el tubo germinativo crece y penetra en las raíces de la planta, y las hifas colonizan las células epidérmicas en un lapso de 4 a 6 horas. En materiales susceptibles, la penetración del micelio en los tejidos corticales continúa cuando las condiciones son favorables, después de un periodo de incubación de tres a cinco días (Timmer & Menge, 2000).

En trabajos desarrollados por AGROSAVIA en 2017 en lima ácida Tahití, en cinco localidades ubicadas en los departamentos del Valle del Cauca (CI Palmira), Magdalena (CI Caribia), Santander (Lebrija) Tolima (CI Nataima), y la región del piedemonte llanero (CI La Libertad), se registró la presencia de *P. nicotianae* y *P. parasitica* en los portainjertos Carrizo, Cleopatra, Citrumelo, Kryder y Volkameriana.

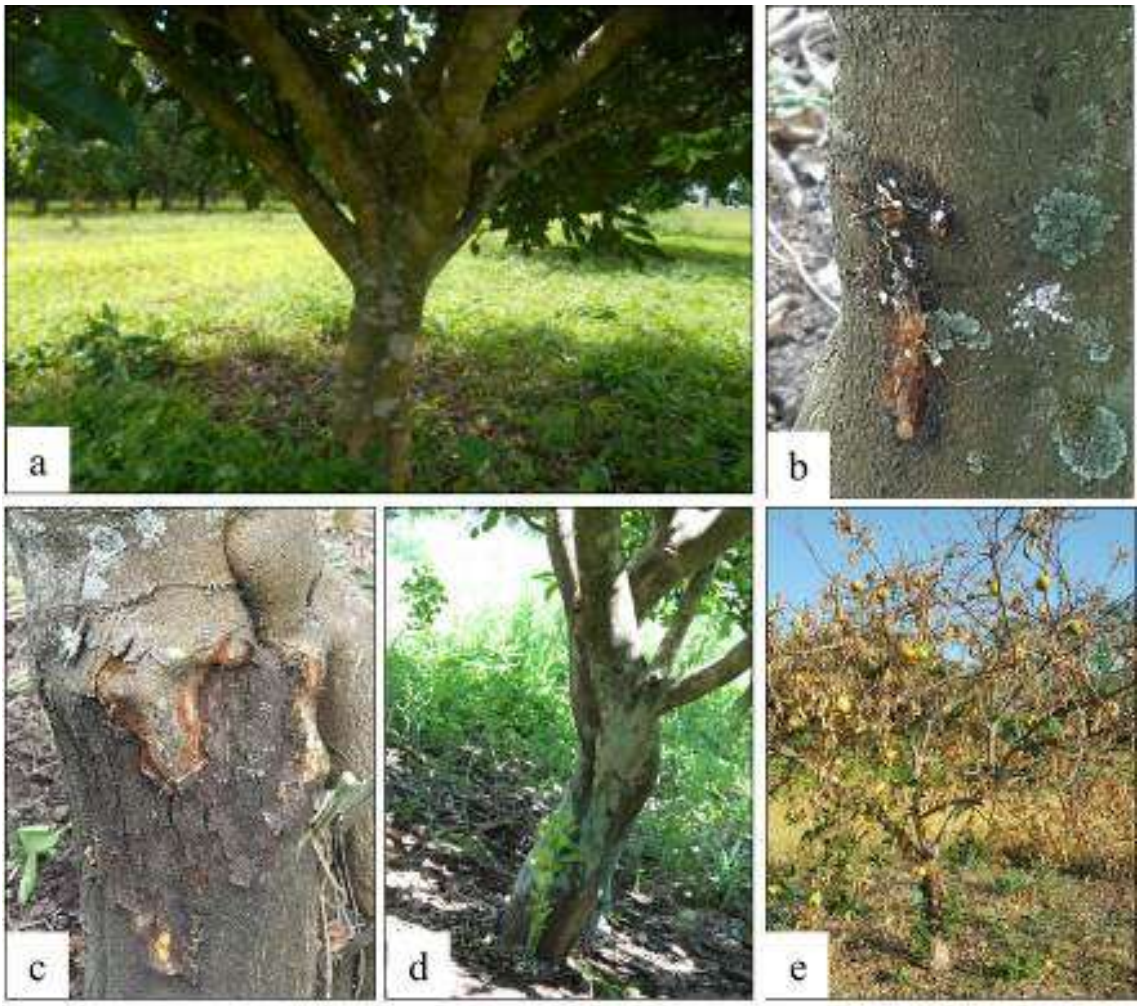
Métodos de evaluación

Para evaluar la incidencia de gomosis, se utilizan escalas que permiten relacionar la incidencia (número de plantas afectadas) y la severidad de la enfermedad, siendo la podredumbre del tallo y la gomosis los síntomas más fáciles de detectar. Se recomienda utilizar la escala visual descrita por Orozco-Santos (1995) ajustada, que presenta cuatro niveles de daño (tabla 15, figura 92).

Tabla 15. Escala visual de daño de *Phytophthora* spp.

Nivel	Descripción
0	Árbol sano
1	Lesiones activas: abultamientos de corteza y formación de goma
2	Agrietamiento visible, con exposición de leña y pudrición de corteza
3	Presencia de cancros bien definidos y destrucción del leño
4	Árbol muerto

Fuente: Basada en Orozco-Santos (1995)



Fotos: Mónica Betancourt-Vásquez; Yeinny Carolina Pisco-Ortiz

Figura 92. Escala visual de daño de *Phytophthora* spp. a. Grado 0; b. Grado 1; c. Grado 2; d. Grado 3; e. Grado 4.

Factores predisponentes

Phytophthora spp. es un habitante natural del suelo, que sobrevive por sus estructuras denominadas clamidosporas, o estructuras de resistencia del hongo, y de las oosporas, las cuales pueden tolerar condiciones extremas de sequía (Graham, Dewdney, & Johnson, 2009).

P. parasitica puede sobrevivir a condiciones desfavorables en los desechos de las raíces afectadas, pues la corteza en descomposición facilita la producción de clamidosporas, que le permiten persistir por largos periodos. Cuando las condiciones vuelven a ser propicias, las clamidosporas germinan, y producen esporangios y zoosporas.

La pudrición del pie o la gomosis del tronco ocurren cuando las zoosporas u otros propágulos salpican en el tronco por encima de la unión del portainjerto, y su entrada se ve favorecida por heridas o daños mecánicos (Graham et al., 2009; Naqvi, 2003; Timmer & Menge, 2000).

El portainjerto puede ser susceptible a la infección cuando se presentan heridas por podas o deschuponado; por lo tanto, los cuidados en las prácticas culturales son fundamentales para evitar la diseminación del patógeno (Graham et al., 2009; Graham & Menge, 2000).

Sobre las lesiones de la podredumbre del tallo pueden encontrarse varias especies de *Phytophthora* spp., que pueden ser fuente de inóculo y causar estados epidémicos en condiciones de alta precipitación o exceso de humedad. Cuando las condiciones son favorables, se pueden presentar infecciones secundarias por salpicaduras de la lluvia o por el viento.

Esto rara vez ocurre con *P. parasitica,* que no produce esporangios aéreos, pero es más común en *P. citrophthora* y otras especies que producen una cantidad abundante de esporangios en la superficie de los frutos y las hojas (Graham et al., 2009; Savita & Avinash, 2012).

En Colombia, el síntoma más frecuente es la gomosis del tronco y las ramas, causada por *P. nicotianae.* En campo, este síntoma se observa cuando la infección ha ocurrido meses atrás, y se manifiesta por el oscurecimiento externo de la corteza, acompañado de exudaciones de goma en el tronco, las ramas principales y la inserción del portainjerto en la copa. Internamente, los tejidos se pudren hasta formar cancros, que pueden causar la pérdida de ramas y la muerte del árbol.

Entre las condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad se encuentran el encharcamiento del suelo por lluvias, riegos excesivos, pH ácido, daños mecánicos, ataques de comején y hormigas, injertos por debajo de 30 cm, siembras profundas, uso de portainjertos susceptibles, y excesos de fertilización nitrogenada (Álvarez, 2008; Luis, Peña, Collazo, Ramos, & Llauger, 2010).

La incidencia y severidad de la enfermedad varían de acuerdo con el portainjerto, las condiciones agroecológicas y las prácticas agronómicas del cultivo. La respuesta de la lima ácida Tahití a infecciones de *Phytophthora* spp. en relación con el patrón empleado depende de las condiciones climáticas, las cuales determinan la agresividad del patógeno (Drenth & Guest, 2004; Savita & Avinash, 2012).

Susceptibilidad de materiales

En relación con la tolerancia y resistencia de portainjertos a la gomosis, reportes del Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas de la Universidad de Florida (IFAS) (Roose, 2014) describen que C35, Swingle, Sour Orange, Macrophylla y los trifoliados son tolerantes, Carrizo y Troyer presentan tolerancia intermedia, mientras Cleopatra, Rough Lemon y Volkameriana son susceptibles. Sin embargo, en condiciones tropicales los grados de resistencia pueden ser completamente diferentes, por la interacción entre el genotipo y el ambiente.

En investigaciones desarrolladas por AGROSAVIA durante los años 2016 y 2017, se evaluó la presencia de gomosis en los portainjertos Carrizo, Citrumelo CPB 4475, Sunky × English, Kryder y Volkameriana, injertados con lima ácida Tahití en cuatro localidades del país: Palmira, Nataima, Lebrija y La Libertad.

La incidencia de gomosis osciló entre el 0 % y el 100 %, en los portainjertos Sunki × English en Palmira, y Carrizo en la localidad de Nataima, respectivamente. Los huertos menos afectados fueron Palmira (0 %-10,5 % de incidencia) y Lebrija (12,5 %-29,1 %), y los más afectados La Libertad (9,0 %-47,8 %) y Nataima (81,2 %-100 %) (figura 93).

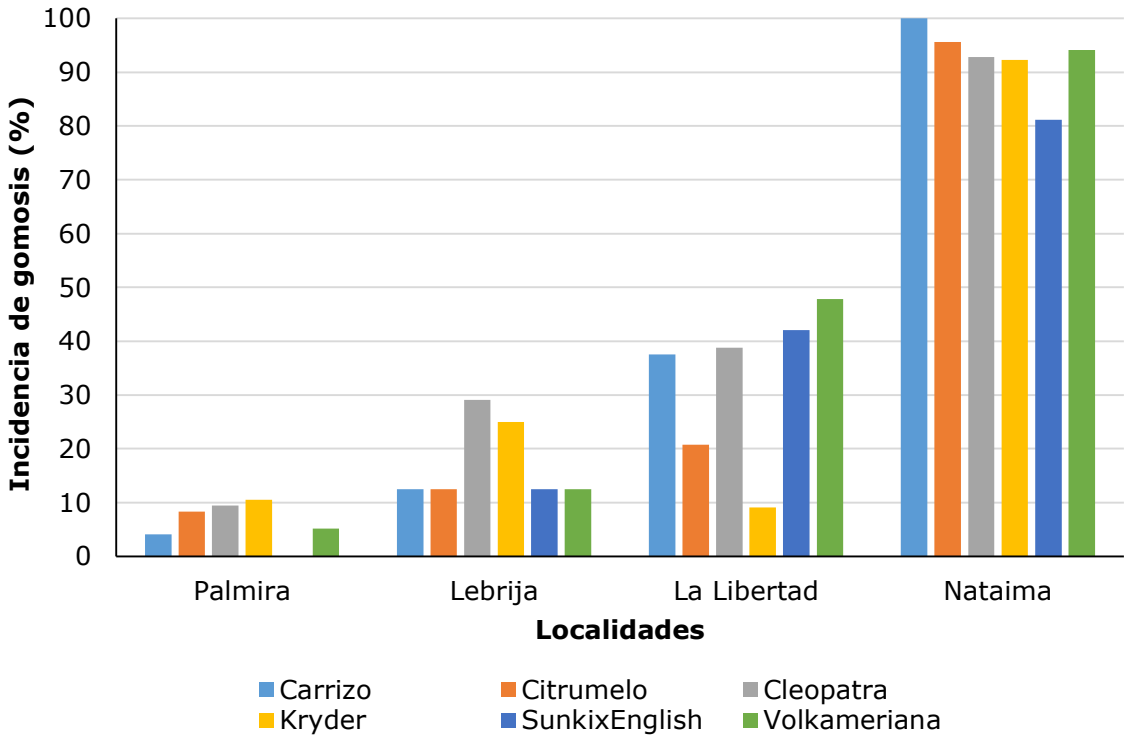


Figura 93. Porcentaje de incidencia de gomosis en lima ácida Tahití, con distintos patrones en diferentes localidades de Colombia.

En este trabajo no se encontraron diferencias significativas en los niveles de incidencia de gomosis en los distintos portainjertos evaluados (F(5,503) = 2,66, P = 0,75), pero sí las hubo entre localidades (F(5,593) = 220,97, P = 0,000). Por lo tanto, la respuesta del portainjerto a Phytophthora spp. está relacionada directamente con las condiciones ambientales, y en ningún caso la relación entre portainjerto y copa presentó una respuesta diferencial o algún grado de tolerancia a la enfermedad.

Prácticas preventivas y de manejo

Para el manejo de la gomosis son necesarias prácticas preventivas, las cuales deben incluir las siguientes acciones:

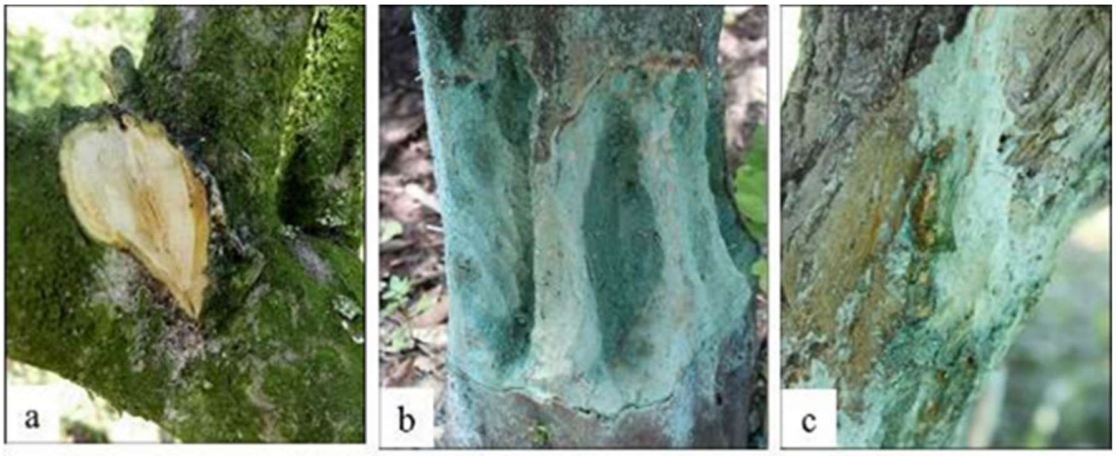
- Seleccionar lotes de cultivo sin historia o registro de la enfermedad, y usar materiales de siembra de alta calidad.
- Hacer una preparación del sitio de siembra con microorganismos antagónicos como *Trichoderma* (Hypocreaceae): *T. viridae, T. harzianum* Rifai (1969), *T. lignorum* (Tode) Harz (1871) y *T. koningiopsis* Samuels, C. Suárez & H. C. Evans 2006, que son reportados como antagónicos de *Phytophthora* spp., de tal forma que previenen el desarrollo del patógeno. Además, las diferentes especies de *Trichoderma* se conocen como activadoras del crecimiento e inductoras de resistencia, que favorecen el establecimiento de las plántulas en campo.
- Aplicar micorrizas en el momento de la siembra, que contribuyen al desarrollo radicular y, por lo tanto, disminuyen el riesgo de infección de *Phytophthora* spp.
- Encalar el suelo y fertilizar de acuerdo con el análisis de suelos es fundamental para garantizar el adecuado desarrollo de las plántulas, reduciendo el periodo de susceptibilidad del momento del trasplante en campo.
- Verificar en el momento de la siembra que las raíces del material no tengan síntomas de daños o pudriciones.
- Evitar el uso de portainjertos altamente susceptibles, como Cleopatra, limón rugoso y Volkameriana.
- Evitar sembrar en suelos pesados y con niveles freáticos altos, que fomentan la diseminación y el desarrollo del patógeno.
- En caso de sembrar en zonas con posibles inundaciones, utilizar camellones que permitan que la unión del injerto quede a una altura superior a 40 cm del suelo.
- Diseñar un buen drenaje en el cultivo, para evitar excesos de humedad en el suelo.
- Usar el riego de manera adecuada, evitando salpicaduras de suelo por el agua. Preferiblemente, utilizar riego por goteo.
- Evitar daños mecánicos en el tronco durante el desarrollo de labores de manejo agronómico.
- Mantener el balance nutricional del cultivo. Las deficiencias de fósforo y potasio pueden aumentar la incidencia de la enfermedad, y las excesivas fertilizaciones nitrogenadas incrementan la vulnerabilidad de la planta.

- Desinfectar las herramientas durante las labores de poda, con productos a base de hipoclorito de sodio al 1 %. Así mismo, aplicar pasta cicatrizante (sulfato de cobre + cal + agua) después de cada poda.
- Eliminar las plantas afectadas.
- Evitar el establecimiento de plagas como termitas o comején en el pie del árbol.
- Mantener el árbol con un plateo adecuado y, preferiblemente, pintar la base del tallo con una mezcla de cal y fungicidas (1 kg de sulfato de cobre + 3 kg de cal viva + ½ kg de sal en 10 L de agua), para protegerlo del ataque de plagas y la entrada de enfermedades.

En condiciones de alta presión de inóculo, es decir, una incidencia de gomosis del tallo superior al 10 % y condiciones climáticas favorables, como humedad relativa superior al 80 % y precipitación abundante, se puede recomendar la aplicación de fungicidas protectantes y sistémicos, acompañada de la práctica conocida como cirugía del tallo.

La cirugía consiste en eliminar el tejido afectado, mediante un raspado severo y profundo, desde la corteza del árbol hasta los tejidos parenquimatosos. Los cortes deben ejecutarse en forma radial, desde el sitio de infección o síntoma principal hasta 3 o 5 cm después de eliminar el tejido afectado.

Una vez que se retira todo el tejido dañado, se recomienda pintar el árbol con una mezcla de cal y fungicidas de tipo sistémico, específicos para peronosporales u oomicetos, como las fenilamidas y los etilfosfonatos (figuras 94a y 94b). En ocasiones, es posible que la cirugía no resulte efectiva y se continúe presentando exudación por la presencia de la enfermedad (figura 94c). En ese caso, se deben aplicar fungicidas en *drench* en las heridas y la base del tallo.



Fotos: Mónica Betancourt-Vásquez y Yeinny Carolina Pisco-Ortiz

Figura 94. Cirugía de tallos para el control químico de gomosis. a. Eliminación de tejido enfermo y preparación del tronco; b. Estado final de la cirugía, y aplicación de cal y fungicida como cicatrizantes; c. Exudados del patógeno, incluso después de la cirugía.

Trabajos desarrollados en el CI La Libertad en lima ácida Tahití mostraron que tratamientos basados en cirugía y posteriores aplicaciones en rotación de metalaxil y fosetil de aluminio, en la base del tallo y las ramas bajeras de los árboles, resultaban adecuados para detener el avance de la enfermedad y evitar el desarrollo de los síntomas de cancros y exudación de goma en la base de los tallos. Sin embargo, cuando la necrosis en la base del tallo cubría un porcentaje superior al 20 % del diámetro del árbol, el tratamiento resultaba ineficiente, y el árbol terminaba anillándose y muriendo.

El tratamiento con fungicidas debe hacerse tanto en la zona afectada y curada como en la base del tallo y el suelo, en *drench*. Cuando los niveles de incidencia en el cultivo continúan aumentando, se recomienda la aplicación de fungicidas en aspersión, hasta empapar la base del tallo de las plantas ubicadas en los focos de la infección, haciendo una rotación entre fenilamidas y etilfosfonatos (Graham et al., 2009; Savita & Avinash, 2012).

Las fenilamidas actúan contra los oomicetos y son altamente específicas, lo cual hace que no tengan efecto sobre otra clase de patógenos (Brent & Hollomon, 1995). Dentro de este grupo de fungicidas, la sustancia más estudiada es la

acilalanina, ingrediente activo principal del metalaxil, que actúa interfiriendo la ARN polimerasa de los hongos e inhibiendo la síntesis de ARN ribosómico, exclusivamente del grupo de los peronosporales. Ejerce una acción preventiva y curativa (Griffith, Davis, & Grant, 1992).

Debido a su modo de acción específico en una sola molécula, este fungicida puede ocasionar resistencia en el patógeno con relativa facilidad. El riesgo suele ser muy alto, en especial en las especies de *Phytophthora,* por el rápido crecimiento del patógeno en el suelo y la diferenciación sexual, y por el hecho de que su genoma permite la acumulación de mutaciones.

Una simple mutación o alteración en la ARN polimerasa evita que el metalaxil se una, lo que genera resistencia, porque la síntesis de ADN ribosómico se detiene. Por lo tanto, el manejo de las fenilamidas debe ser muy riguroso en la rotación de moléculas, en el uso de dosis adecuadas y en evitar las aplicaciones seriadas dentro de los cultivos (Graham et al., 2009; Griffith et al., 1992).
Por otro lado, los etilfosfonatos son sales o ésteres del ácido fosfónico, entre los que se encuentran compuestos como fosetil aluminio, ácido fosforoso, fosfonato de disodio y fosfonato de potasio. El fosetil aluminio es un fungicida sistémico, que se mueve dentro de la planta por el floema y el xilema, y puede penetrar por el sistema radicular y por el área foliar. Este tipo de movimiento le permite alcanzar cualquier órgano de la planta (Soler, Robles, & Gómez-Arnau, 1997).

Además del efecto directo en el patógeno, el fosetil aluminio tiene uno indirecto en la planta, porque induce y estimula la producción de sustancias denominadas *elicitores,* que evitan el desarrollo del patógeno (Guest, 1984). Su efecto como fungicida consiste en alteraciones del sistema de transporte, la penetración de la pared celular, y la disminución de la respiración y de la producción de trifosfato de adenosina (ATP).

En conjunto, estos mecanismos afectan la producción de esporas, el crecimiento hifal y la penetración en el hospedero, para el caso de tratamientos preventivos. Como fungicida curativo, restringe el desarrollo del micelio y la esporulación, e inhibe la formación de esporangios, oosporas o clamidosporas (Guest, 1986).

Fumagina

La fumagina la produce el hongo *Capnodium* sp. (Capnodiaceae) y puede afectar hojas, ramas y frutos. Este hongo causa un ennegrecimiento superficial de los tejidos, producto de los exudados que excretan insectos chupadores al alimentarse, como áfidos, cochinillas y moscas blancas (Arias, 2012; León & Kondo, 2017) (figura 95).

El hongo no es parásito de los cítricos, sin embargo, cubre la superficie de la hoja con el micelio, y ocasiona daños indirectos porque impide la captación de luz solar, reduciendo significativamente la fotosíntesis de la planta, lo que al final conduce a el crecimiento de los árboles y provoca la caída prematura de hojas y frutos (Timmer et al., 2004; Timmer, Garnsey, & Graham, 2000).

Entre los insectos plaga implicados en la secreción de los azúcares que contribuyen a la manifestación de síntomas de la enfermedad están *Diaphorina citri*, *Chrysomphalus aonidum*, *Coccus hesperidum*, *Planococcus citri*, *Toxoptera citricida* y *Praelongorthezia* sp. (Timmer et al., 2000).

Fotos: Mónica Betancourt-Vásquez

Figura 95. Síntomas de fumagina en plantas de lima ácida Tahití. a. Detalle de la película formada por el hongo en las hojas, que afecta la fotosíntesis; b. Estado general de ramas afectadas; c. Fruto afectado.

Factores predisponentes

El desarrollo de la enfermedad se ve favorecido por altas poblaciones de insectos, humedad relativa elevada y escasa ventilación en el cultivo.

Prácticas de manejo

La principal estrategia de manejo para esta enfermedad es el control de las poblaciones de insectos chupadores. También se deben realizar podas, orientadas a la eliminación del tejido afectado y a favorecer el ingreso de luminosidad, tanto en la copa del árbol como en la zona bajera de las ramas. En

caso de que se presenten daños severos por este hongo, es necesario hacer aspersiones de fungicidas a base de cobre.

De igual forma, se recomienda el uso de distancias adecuadas en el cultivo, y arreglos que permitan una buena ventilación dentro del mismo, además del plateo de las plantaciones y el manejo de arvenses nobles en las calles, con el fin de disminuir la alta incidencia de insectos en el huerto de cítricos.

Enfermedades bacterianas

El huanglongbing (HLB)

El *huanglongbing* (HLB) de los cítricos es considerado una de las enfermedades más devastadoras de estos cultivos. Ha causado pérdidas significativas en la producción y ha reducido en cifras considerables el área sembrada de cítricos a nivel mundial (Halbert & Manjunath, 2004).

Como agentes causales de la enfermedad, se han asociado tres proteobacterias fastidiosas Gram negativas: *Candidatus* Liberibacter asiaticus (CLas), *Ca*. L. africanus y *Ca*. L. americanus (Bové, 2006; Teixeira et al., 2008). El HLB se disemina principalmente por la utilización de yemas procedentes de plantas enfermas durante la multiplicación del material vegetal, y por el insecto vector *Diaphorina citri* Kuw. (Hemiptera: Liviidae).

En Colombia, *D. citri* está asociado con la transmisión de la bacteria *Ca*. Liberibacter asiaticus (CLas). Los adultos y las ninfas pueden adquirir la bacteria al alimentarse en plantas enfermas, de acuerdo con Mann, Tiwari, Smoot, Rouseff y Stelinski (2012). *D. citri* prefiere alimentarse en plantas infectadas, ya que liberan compuestos volátiles, como el salicilato de metilo y el D-limoneno, que las hacen más atractivas para el insecto vector.

Las ninfas pueden adquirir la bacteria a partir del tercer instar (figura 96). El tipo de transmisión es persistente, circulativo y propagativo, es decir que *D. citri*

adquiere la bacteria cuando se alimenta de una planta enferma, y se mantiene infectivo durante toda su vida (Pelz-Stelinski, Brlansky, Ebert, & Rogers, 2010).

Fotos: Lumey Pérez-Artiles

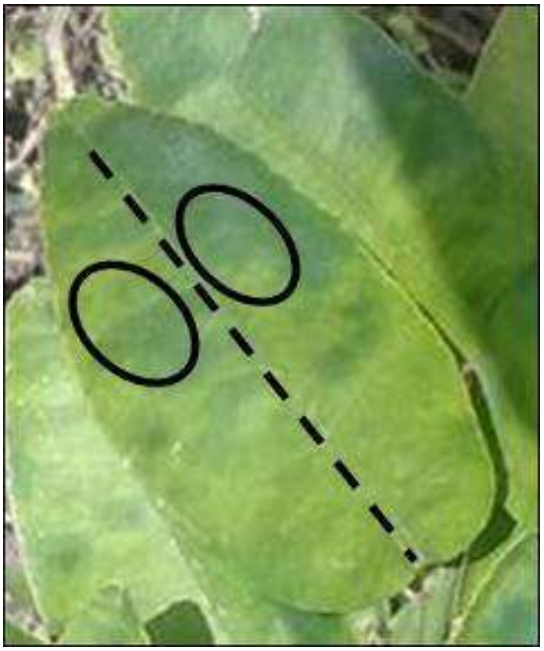
Figura 96. *Diaphorina citri* alimentándose de brotes jóvenes de lima ácida Tahití. a. Estados inmaduros; b. Adulto.

El HLB es originario de Asia, donde está presente hace más de un siglo. Según la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO), la enfermedad se ha distribuido en poco tiempo en todos los países citrícolas del continente americano: Brasil (2004), Cuba (2006), Estados Unidos (2005) y México (2009) (North American Plant Protection Organization [NAPPO], 2012).

En 2015 se declaró a Colombia en estado de emergencia fitosanitaria, ya que se determinó la presencia de la bacteria *Ca*. L. asiaticus en adultos de *D. citri* colectados en los municipios de Distracción y Fonseca, en La Guajira (ICA, 2015). En 2016 se detectó la enfermedad en muestras de tejido vegetal de limón Pajarito en los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, La Guajira y Magdalena (ICA, 2017), y en 2018 en Santander (ICA, 2018).

Tipo de daño

Cuando la infección inicia, los síntomas del HLB se presentan en una o pocas ramas sectorizadas en la planta. En las hojas se puede observar un síntoma denominado *moteado asimétrico*, que es el más característico de la enfermedad (Bové, 2006) y se caracteriza por áreas verdes y amarillas en la hoja, que muestran una asimetría cuando se comparan los lados opuestos del limbo foliar, delimitados por la nervadura central (figura 97).



Fotos: Lumey Pérez-Artiles

Figura 97. Moteado asimétrico en hoja de lima ácida Tahití.

Los frutos de ramas con síntomas pueden resultar de tamaño reducido, asimétricos, incompletamente maduros y con la región estilar verde, a diferencia de aquellos de las ramas sanas. Cuando se les realiza un corte perpendicular, se observa la desviación del eje y, en algunos casos, la parte blanca de la cáscara (albedo) tiene un espesor mayor de lo normal (Bové, 2006).

Además, hay asimetría en el fruto, semillas abortadas y vasos amarillos o anaranjados (Belasque-Junior et al., 2009). Los síntomas asociados al HLB varían entre genotipos: en las especies con frutos grandes, como el pomelo, se observa una mayor deformación de la fruta y, cuando se le hace un corte transversal, las nervaduras muestran una coloración rojiza.

En ramas con síntomas, las hojas también pueden aparecer curvadas, de tamaño reducido, y con nervaduras más gruesas y oscurecidas (Bové, 2006) (figura 98). En estados más avanzados de la enfermedad, puede ocurrir una muerte regresiva de las ramas y defoliación, que llega a causar la muerte de la planta (Parra, Lopes, Torres, Nava, & Paiva, 2010). En la naranja, la clorosis puede avanzar por los bordes hacia el ápice de la hoja.

En limón Eureka, los síntomas no son muy definidos, ya que el contraste de color en las hojas es muy leve. En el caso de los portainjertos trifoliados, el moteado asimétrico no se presenta habitualmente, y el síntoma más común consiste en nervios engrosados y corchosos, además de sistemas que se asemejan a deficiencias nutricionales (Bové, 2006).

Foto: Lumey Pérez-Artiles

Figura 98. Nervaduras engrosadas con aspecto corchoso, síntoma asociado al hlb, en hojas de lima ácida Tahití.

El daño fisiológico que se observa en la planta es producto de la obstrucción del floema por acumulación de calosa y almidón, lo que limita el transporte de azúcares al sistema radicular, por falta de translocación de fotosintatos, lo que genera clorosis y una disminución en el rendimiento.

En Colombia, hasta el momento, la enfermedad solo ha sido detectada en lima ácida Tahití y lima mexicana (*Citrus aurantifolia* Swing.). Los síntomas en estos hospederos son más acentuados: en las hojas, el moteado es muy definido y bastante asimétrico (figuras 99 y 100), se observa una coloración amarilla pálida con áreas irregulares (asimétricas) verdes (moteado), así como el engrosamiento o aclaramiento de las nervaduras, que, al cabo de un tiempo, adquieren un aspecto corchoso. En estas especies cítricas es raro encontrar frutos deformados.

Foto: Lumey Pérez-Artiles

Figura 99. Moteado asimétrico en hojas, síntoma asociado con el HLB.

Fotos: Lumey Pérez-Artiles

Figura 100. Síntomas del HLB en hojas de lima ácida Tahití. a. Moteado asimétrico; b. Contraste de áreas verdes y amarillas, sin un patrón definido.

La enfermedad del hlb afecta la vida útil de las plantas de cítricos, tanto jóvenes como adultas, y puede ocasionar la muerte fisiológica en el transcurso de pocos años. A medida que avanza, se puede observar una defoliación intensa en las ramas (figura 101).

Fotos: Lumey Pérez-Artiles

Figura 101. Defoliación en ramas de lima ácida Tahití, síntoma característico del avance del HLB.

El reconocimiento en campo de los síntomas del HLB es difícil, porque entre las variedades se presentan diferentes patrones de clorosis, y pueden ser confundidos con otros síntomas, como desórdenes nutricionales, o afecciones como la podredumbre de la raíz (gomosis), el virus de la tristeza de los cítricos (CTV), *wood pocket* o la clorosis variegada de los cítricos (CVC), en países donde se reporta la enfermedad (Alanís-Martínez, Cora-Valencia, Robles-García, Silva-Rojas, & López-Buenfil, 2016).

El síntoma de moteado asimétrico asociado al HLB puede confundirse con el moteado en hojas, ocasionado por *wood pocket*. Sin embargo, los síntomas diferenciales de estas enfermedades están más relacionados con aquellos de los frutos: en *wood pocket* se presenta un variegado clorótico, generalmente con rayas cafés, en contraste con las zonas verdes en la cáscara. En el caso del HLB, se observan frutos deformados, con semillas abortadas y la columela desviada.

Métodos de detección

Para detectar el HLB se utilizan varios métodos, entre los que se incluyen el diagnóstico visual de los síntomas, el uso de técnicas moleculares, la tinción con

yodo, la detección a través del insecto vector, el indexaje biológico, el análisis de imágenes y reconocimiento de patrones por computador, y la espectroscopia de imágenes fluorescentes.

Diagnóstico visual

El diagnóstico del HLB mediante inspección visual puede presentar un gran margen de error, debido a que la expresión de los síntomas tarda alrededor de ocho meses, y en algunos casos se pueden confundir con deficiencias nutricionales. La eficiencia del diagnóstico por inspectores profesionales ha mostrado una exactitud de entre el 47 % y el 61 % en la identificación de un árbol infectado con HLB (Futch, Weingarten, & Irey, 2009).

Técnicas moleculares

Dentro de las técnicas moleculares se utilizan la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) convencional y la PCR en tiempo real (qPCR) o PCR cuantitativa. En la PCR convencional se emplean cebadores específicos, que amplifican las secuencias de los genes 16s rDNA; y cebadores basados en genes proteínicos (operón B), OI1/OI2c (Jagoueix, Bové, & Garnier, 1996) y A2/J5 (Hocquellet, Toorawa, Bové, & Garnier, 1999) para las razas asiática y africana, y los cebadores GB1-GB3 (Teixeira et al., 2005) para la americana.

La PCR es mucho más sensible y robusta que la PCR convencional, y ha sido validada en extractos de ADN de diferentes especies de cítricos y de distintos tejidos, procedentes de diversas regiones geográficas. Sin embargo, ambos métodos son costosos, por la cantidad de recursos que emplean.

La detección de *Candidatus* Liberibacter spp. en psílidos es una herramienta que se emplea para detectar el HLB de manera temprana en nuevas áreas invadidas por el insecto vector. Keremane et al. (2015) reportaron el desarrollo de un kit de detección molecular de campo, para diagnosticar psílidos con la bacteria, utilizando tecnología de amplificación cíclica (LAMP, por las siglas en inglés de Loop Mediated Amplification Technology). El método de detección de LAMP es aproximadamente 100 veces más sensible que el de qPCR, por lo que puede ser útil en áreas donde la epidemia se encuentra en las etapas iniciales.

Tinción con yodo

Se trata de un método indirecto de detección del HLB, que consiste en hacer un corte semifino en una hoja de cítricos que presente el síntoma de moteado asimétrico, y realizar una tinción con yodo al 2 %, para observarlo al microscopio. Cuando la planta es positiva para *Candidatus* L., el corte se colorea de azul, debido a la acumulación de almidón en el parénquima. En hojas provenientes de plantas con HLB esa acumulación puede ser hasta 20 veces mayor que en hojas de plantas sanas (Takushi et al., 2007).

Indexaje biológico

Este método tiene una tasa de éxito variable, debido a que la tasa de transmisión por injerto es baja. La planta indicadora idónea para la raza asiática es la mandarina Ponkan, que debe mantenerse en un rango de temperatura entre 25 y 32 °C para que se produzca la expresión de los síntomas causados por este patógeno. Estos se presentan entre 8 y 12 semanas después de la inoculación (Roistacher, 1998).

Análisis de imágenes y reconocimiento de patrones por computador

Dentro de los métodos que utilizan imágenes de cámaras digitales y espectroscópicas se encuentran los siguientes:

- Fotografía aérea: es capaz de detectar áreas infectadas, abarcando grandes superficies de cultivo. En algunos casos se utilizan imágenes de cámaras multiespectrales o hiperespectrales (Amro, Mateos, Vega, Molina, & Katsaggelos, 2011).
- Fotografía satelital: permite el análisis de imágenes satelitales multiespectrales con una resolución de 2 m (Li et al., 2015).
- Espectroscopia de imágenes fluorescentes: este método se lleva a cabo con una cámara monocromática que tiene un 95 % de confiabilidad, y que permite clasificar hojas sanas y con HLB, incluso en etapas tempranas de la enfermedad (primeros meses), antes de la aparición de los síntomas visuales.

Factores predisponentes

Los factores que predisponen a una planta a la infección con HLB están vinculados directamente con los relacionados con la diseminación de la enfermedad, entre

ellos los que favorecen el establecimiento y reproducción del insecto vector, y la dispersión mediante material de siembra no certificado.

Tanto la bacteria *Candidatus* Liberibacter spp., como el vector *D. citri* pueden sobrevivir a temperaturas extremas. Los niveles poblacionales del psílido se relacionan positivamente con la disponibilidad de brotes u hojas nuevas, los cuales a su vez se asocian con la temperatura y los bajos niveles de lluvia semanal (Tsai, Wang, & Liu, 2002). *D. citri* tiene un alto potencial reproductivo (Tsai & Liu, 2000) y el rango óptimo de temperatura para su desarrollo está entre 25 y 28 °C.

La presencia de hospederos secundarios, tanto del patógeno como del insecto vector, puede contribuir a la enfermedad. La diseminación espacial del HLB está relacionada con dos procesos, que ocurren de manera simultánea: la diseminación primaria al azar, resultante de psílidos infectivos que emigran periódicamente de fuentes de inóculo externas hacia el cultivo, y la diseminación secundaria, que se da a cortas distancias dentro del mismo huerto (Bassanezi et al., 2010).

El clima cálido subhúmedo o tropical con lluvias en verano es el que tiene una mayor relación con el HLB, ya que *D. citri* es más frecuente en zonas cálidas costeras. Además, las condiciones de sequía prolongada propician el desarrollo de la bacteria *Ca*. L. asiaticus (Galindo, Contreras, González, Mata, & Olvera, 2009).

El HLB ha sido identificado en cinco departamentos del Caribe colombiano, pues sus condiciones climáticas predominantes favorecen la reproducción de *D. citri* y acortan la duración de su ciclo de vida, que tiene un rango óptimo de desarrollo en temperaturas entre 25 y 30 °C. Estos aspectos influyen de manera positiva en la diseminación de la enfermedad.

Susceptibilidad de materiales

Todas las especies, cultivares e híbridos cítricos, así como los géneros relacionados son susceptibles al HLB. Los naranjos dulces, mandarinos y tangelos lo son en gran medida, mientras que limoneros, toronjos, naranjos agrios, kumquats y pomelos son clasificados como susceptibles, pues, si bien tienen

síntomas menos severos, la enfermedad los hace improductivos. Las limas, los naranjos trifoliados y algunos de sus híbridos han mostrado tolerancia a la bacteria, aunque presentan síntomas foliares.

Prácticas de manejo

El patosistema del HLB es difícil de manejar, debido al largo periodo de incubación de la enfermedad, la presencia de plantas asintomáticas en campo, la alta capacidad reproductiva del insecto vector, la existencia de plantas hospederas del vector y del patógeno, y la dificultad de ejecución de la estrategia de manejo recomendada, causada fundamentalmente por la resistencia de los citricultores a eliminar las plantas enfermas.

Hasta el momento no se ha determinado una estrategia de manejo que pueda llevar a la erradicación de la enfermedad una vez que se ha establecido en un país. Para el manejo se recomienda un conjunto de prácticas, que tienen como objetivo principal disminuir la incidencia de la afección en una región o país.

Estas prácticas se basan principalmente en tres aspectos claves, que consisten en el establecimiento del cultivo con plantas sanas y certificadas, una condición esencial para no diseminar el HLB entre las regiones, el control del insecto vector, y la erradicación de plantas enfermas (Yamamoto, Alves, & Beloti, 2015). Esta última estrategia ha mostrado eficiencia en las regiones en las que los productores la realizan de forma rigurosa, constante e integrada, principalmente en Brasil y México.

Para poder llevar a cabo el programa de manejo, es fundamental que el productor pueda reconocer los síntomas de la enfermedad e identificar el insecto vector. Después de la siembra, se deben hacer inspecciones periódicas y eliminar las plantas con síntomas. Si en una sola inspección se encuentra más del 28 % de plantas sintomáticas, todo el terreno debe ser erradicado, pues prácticamente el 100 % de las plantas ya estarían infectadas (Bassanezi, Belasque, & Montesino, 2013).

Para lograr un control significativo del HLB, es necesario realizar un manejo regional, incluyendo la eliminación de fuentes externas de inóculo y el control

del insecto vector en estas fuentes. La diseminación primaria de la enfermedad es difícil de evitar, por lo que debe hacerse un control regional del insecto vector, para que la epidemia no se vuelva incontrolable.

Aunque se sigan las recomendaciones de manejo del HLB en una propiedad pequeña, el movimiento constante del psílido entre parcelas vecinas puede llevar a una reinfestación constante y rápida, situación que impide la efectividad del tratamiento (Bassanezi et al., 2010).

En áreas donde el patógeno no está presente o hay una baja incidencia de la enfermedad, se sugiere el control biológico del insecto vector. *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Shafee, Alam & Agarwal) y *Tamarixia radiata* (Waterston) son parasitoides primarios de *D. citri*. En condiciones favorables, la tasa de parasitismo de *T. radiata* puede exceder el 90 % (Fauvergue & Quilici, 1991).

El uso de depredadores generalistas, sobre todo coccinélidos, se recomienda principalmente para huevos y ninfas del primer y segundo instar de desarrollo. La efectividad en el control biológico aumenta si se combinan ambos enemigos naturales (Chien, Chiu, & Ku, 1989). Los hongos entomopatógenos también desempeñan un papel fundamental en la reducción de las poblaciones de *D. citri* (figura 102), en especial durante los periodos de alta humedad relativa.

Foto: Lumey Pérez-Artiles

Figura 102. Parasitismo de adultos de *Diaphorina citri* por hongos entomopatógenos en campo.

El control químico se indica para áreas con alta incidencia de la enfermedad. En Colombia, los productos químicos que tienen registro para uso contra *D. citri* son sulfoxaflor 240 g/l e imidacloprid + lambdacialotrina. Se recomienda un monitoreo constante del lote y solo aplicar en presencia del insecto vector.

El control del insecto vector se debe realizar también en otros hospederos, específicamente el mirto (*Murraya paniculata* [L.] Jack) y *Swinglea glutinosa* Merr. En cercas vivas de *S. glutinosa* y áreas urbanas, se aconseja ante todo el control biológico, mediante el uso de hongos entomopatógenos y liberaciones de otros controladores biológicos. Se recomienda no establecer nuevas siembras a una distancia menor de 5 km de plantaciones con presencia de la enfermedad.

Enfermedades sistémicas

Tristeza de los cítricos

La tristeza de los cítricos es considerada una de las enfermedades de mayor importancia económica, con una amplia distribución mundial (Cambra & Moreno, 2000), que afecta a todos los cultivares, principalmente naranjas, toronjas y limas ácidas (Naranjo, 1997b). Es ocasionada por el virus de la tristeza de los cítricos (CTV) (Closteroviridae: *Closterovirus*).

El virus no se transmite por semilla sexual (Roistacher, 1991), pero puede ser diseminado a corta distancia por áfidos o pulgones, sobre todo *Toxoptera citricida* Stoetzel, 1994 (Hemiptera: Aphididae), el más eficiente en la transmisión (Rocha-Peña et al., 1995), y *Aphis gossypii* (Glover), 1877 (Hemiptera: Aphididae) (Cambra et al., 2000) y, a larga distancia, por el movimiento de material vegetal infectado, a través de la multiplicación de plantas por injerto utilizando yemas contaminadas (Lee & Bar-Joseph, 2000).
En Colombia, este virus tiene carácter endémico (Chaparro-Zambrano, Velásquez, & Orduz-Rodríguez, 2013; Murcia et al., 2005), y está presente en casi todas las regiones citrícolas del país, con incidencias que varían entre el 80 % y el 100 % (Murcia, Osorio, Caicedo, Morales, & Calvert, 2002; Rodríguez, Romero, & Guzmán, 2009).

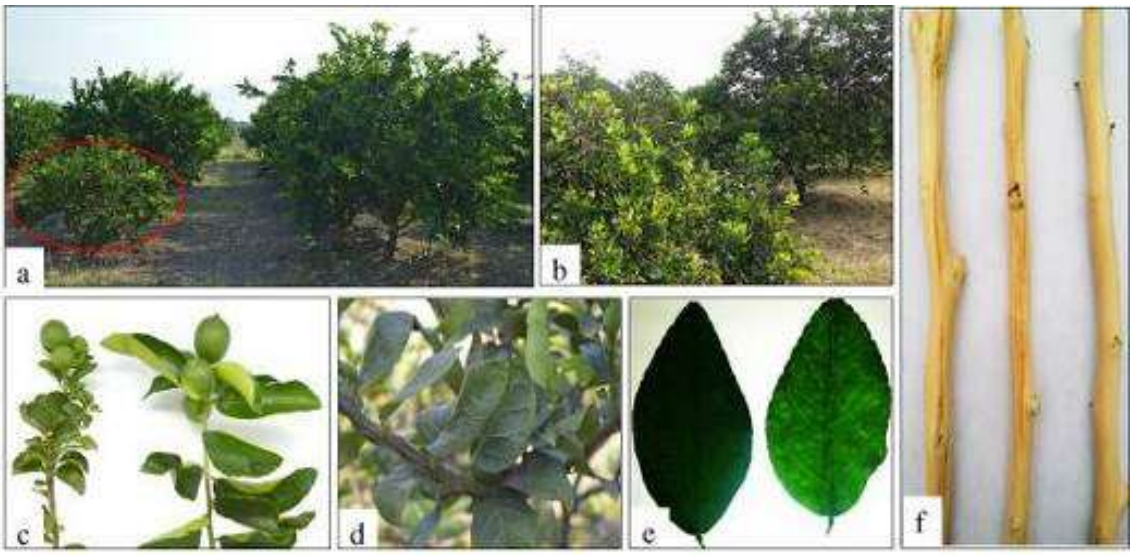
Tipo de daño

La expresión de los síntomas del virus de la tristeza de los cítricos (CTV) es variable, y se puede manifestar ante ciertos factores, como la influencia del medioambiente, y la cepa del virus (suave o severa) y de la especie hospedera (Bar-Joseph, Marcus, & Lee, 1989). Las temperaturas inferiores a 24 °C son óptimas para una rápida expresión de los síntomas (Naranjo, 1997a).

En campo, se pueden encontrar plantas asintomáticas, pero la mayoría presentan uno o más síntomas (Cambra & Moreno, 2000), dependiendo del cultivar. Las limas ácidas son las especies que mejor expresan los síntomas de cepas suaves y severas de CTV.

En lima ácida Tahití, las cepas del CTV pueden ocasionar síntomas como aclaramiento de nervaduras, clorosis o deformación de hojas, suberización de venas y epinastia en brotes jóvenes. También se observan entrenudos cortos y una disminución en el tamaño de la planta, conocida como *stunting*; en el tallo y en ramas secundarias se presentan acanaladuras o picado del tallo, denominado *stem pitting*.

En casos severos, hay reducción en el tamaño del fruto, clorosis generalizada del árbol, las hojas se secan y se desprenden o, algunas veces, se queden adheridas al árbol, lo que causa un decaimiento de este último y, posteriormente, la muerte (Orduz-Rodríguez & Mateus, 2012; Quiroga-Cardona, Hernández-Parrado, Silva- Herrera, & Orduz-Rodríguez, 2010) (figura 103).



Fotos: Hoover Beltrán y Yeison David López-Galé

Figura 103. Síntomas de CTV en plantas de lima ácida Tahití. a. Enanismo (*stunting*) (izquierda), planta sana (derecha); b. Clorosis en hojas; c. Entrenudos cortos y crecimiento reducido de frutos (izquierda), frutos normales (derecha); d. Deformación de hojas y suberización de venas; e. Aclaramiento de nervaduras (derecha), hoja sana (izquierda); f. Acanaladuras en el tallo (*stem pitting*) (izquierda), tallo sano (derecha).

Métodos de detección

La detección del CTV se realiza con métodos biológicos, serológicos y moleculares. El diagnóstico biológico es útil para detectar su presencia en lotes o en plantas seleccionadas, y determinar la agresividad de la cepa del virus. El método se basa en la utilización de plantas indicadoras de especies de cítricos libres del patógeno, las cuales reaccionan ante la infección del virus, expresando síntomas diferenciales según el patógeno y la cepa.

Para este diagnóstico se usa como planta indicadora la lima mexicana (*Citrus aurantifolia* [Christm.] Swingle [Rutaceae]), conocida localmente como limón Pajarito o limón criollo. La inoculación se hace mediante injerto, con corteza de la planta que se va a analizar. Se requiere un control negativo (planta sana) y uno positivo (planta inoculada con CTV) para hacer la comparación de los síntomas y asegurar la fiabilidad del diagnóstico.

Las plantas se deben ubicar en un invernadero por un periodo de cuatro a seis meses, bajo condiciones controladas de temperatura, que debe estar entre 24 y 28 °C durante el día y entre 17 y 21 °C durante la noche, para garantizar la expresión de los síntomas (Roistacher, 1991).

Los síntomas pueden ser uno o varios, dependiendo de la cepa del virus, y van desde aclaramiento de nervaduras, en sus estados iniciales, acucharamiento de hojas en los avanzados, hasta acanaladuras en el tallo y enanismo (Figueroa, Foguet, Figueroa-Castellanos, & Stein, 2009; Murcia et al., 2002) (figura 104).

Fotos: Yeison David López-Galé; Diana Milena Rodríguez-Mora

Figura 104. Síntomas de CTV en planta de lima mexicana. a. Hoja sana (izquierda), aclaramiento de nervaduras (derecha); b. Acucharamiento de hojas; c. Enanismo (izquierda), planta sana (derecha); d. Acanaladuras en el tallo (arriba), tallo sano (abajo).

El diagnóstico serológico del CTV se realiza con el ensayo de inmunoabsorción ligado a enzima (ELISA), con anticuerpos policlonales y monoclonales (Moreno, Ambrós, Albiach-Martí, Guerri, & Peña, 2008), que se caracteriza por su alto nivel de confianza y rapidez para la detección del virus a gran escala (Cambra, 1983; Cambra et al., 2002).

Se han desarrollado algunas variantes, pero hasta el momento el método más utilizado para la detección del CTV es la inmunoabsorción enzimática en fase doble de anticuerpos (DAS-ELISA) (Cambra et al., 2002; Rodríguez et al., 2009), recomendado por la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) (2016) para hacer la indexación de materiales.

Los diagnósticos biológico y serológico pueden ser complementados con métodos moleculares, utilizando la técnica de reacción en cadena de la polimerasa con transcriptasa inversa (RT-PCR) y la qPCR, empleando cebadores específicos para el virus. Estas técnicas permiten la detección e identificación de cepas de CTV suaves y severas, por medio de secuenciación.

Factores predisponentes

Los factores que determinan la dispersión del CTV en campo están relacionados con la densidad de población de insectos vectores y las condiciones ambientales que influencian la dinámica de sus poblaciones, las especies de cítricos cultivadas, la agresividad de la cepa del virus, la densidad de partículas virales en la planta, la edad del cultivo, las combinaciones sensibles de variedad y portainjerto (Cambra & Moreno, 2000; Naranjo, 1997b), la sanidad del material vegetal usado para la multiplicación de plantas, y algunas prácticas culturales del manejo del cultivo, como el uso de herramientas de poda contaminadas con el virus.

Susceptibilidad de materiales

La lima ácida Tahití es altamente susceptible al CTV. En el quinto año de establecimiento en campo presenta una disminución en los rendimientos, a causa de problemas fitosanitarios como este virus (Quiroga-Cardona et al., 2010), y puede sufrir una mayor afección cuando se injerta con el portainjerto de naranjo agrio (*Citrus aurantium* L. [Rutaceae]).

El uso de combinaciones de variedad y portainjerto tolerantes al virus ha sido recomendado como una medida de manejo preventivo de la enfermedad, y al respecto se han desarrollado varios estudios a nivel mundial. El portainjerto Kryder (*Poncirus trifoliata* [L.] Raf.) ha sido reportado como tolerante a la mayoría de las cepas del CTV (Mestre, Asins, Carbonell & Navarro, 1997). A su vez, después de haberse considerado tolerante (Hutchison, 1974), Citrumelo Swingle (*Citrus paradisi* Macf. × *P. trifoliata* [L.] Raf) mostró susceptibilidad a cepas severas del CTV (Campbell, 1991).

Por otra parte, en Citrange Carrizo (*Citrus sinensis* Osb. × *P. trifoliata* [L.]) también se han encontrado niveles de tolerancia (Garnsey, Barrett, & Hutchison, 1987), así como en mandarina Cleopatra (*Citrus reshni* Horth. Ex Tan.). Sin embargo, el portainjerto Cleopatra no presenta una alta afinidad con lima ácida Tahití, y la duración de la etapa productiva de las plantas se restringe hasta el octavo año (Quiroga-Cardona et al., 2010).

Recientemente, se han realizado investigaciones para analizar el comportamiento de la lima ácida Tahití sobre portainjertos comerciales en condiciones de suelos ácidos del piedemonte llanero. Los portainjertos Carrizo, Sunky × English, Sunky × Jacobson, Pomeroy, Rubidoux, Kryder 15-3 y Cleopatra fueron evaluados en lo que se refiere a su eficiencia productiva, y a su tolerancia y sobrevivencia al CTV.

El estudio indicó una incidencia de la enfermedad del 100 %, con diferentes niveles de severidad. Los portainjertos Pomeroy, Kryder, Carrizo, Sunki × Jacobson y Rubidoux presentaron grados de severidad superiores al 50 %, mientras que Sunki × English registró el 43 %, así como los mejores valores de variables vegetativas y productivas (Chaparro-Zambrano et al., 2013). El portainjerto Cleopatra mostró un nivel de severidad del CTV del 84 % y un mal comportamiento con lima ácida Tahití, por lo cual no es recomendado para este cultivar en esa región del país (Quiroga-Cardona et al., 2010).

Es importante tener en cuenta que la expresión de síntomas del CTV se ve afectada o favorecida por las condiciones ambientales; por eso es probable que los portainjertos que son considerados tolerantes en un ambiente no lo sean en otro (Mendt et al., 1988); de ahí la importancia de evaluarlos en diferentes zonas agroecológicas.

Prácticas de manejo

Las estrategias de manejo del CTV dependen de las condiciones específicas de cada región citrícola. Dentro de las medidas generales de manejo se encuentran:

1. Programas de certificación de yemas libres de virus, y cuarentena, para evitar la dispersión del virus.
2. Erradicación de árboles infectados con cepas severas.
3. Esquemas de protección cruzada, en los que se inocula una planta con una cepa suave, que evita la aparición de síntomas del ctv cuando es atacada por una cepa severa.
4. Uso de portainjertos tolerantes o medianamente tolerantes al ctv (Moreno & Ambrós, 2011; Moreno et al., 2008).
5. Obtención de plantas transgénicas (Fagoaga et al., 2006).

Sin embargo, la incidencia del CTV en Colombia es muy alta, y se encuentra ampliamente distribuida en el país, por lo cual la erradicación de plantas enfermas es poco viable. El método de protección cruzada ha sido exitoso en algunos países, pero en otros lugares ha proporcionado una protección temporal o, en su defecto, ha fracasado. En el país aún no se ha realizado ninguna investigación sobre este tipo de control.

Las estrategias para el manejo del CTV son preventivas, y están orientadas a evitar la propagación de plantas infectadas a nuevas plantaciones o áreas libres del virus. En el CI Palmira de AGROSAVIA se tiene una colección de plantas de cítricos, que incluye los clones de lima ácida Tahití, conservadas en casas de malla antiáfidos y libres de CTV (Escobar, Murcia, & Martínez, 2013; Murcia, Ríos, Caicedo, Martínez, & Corrales, 2012).

Además, están libres de otras enfermedades, como la exocortis y el HLB (Rodríguez-Mora, Palacios, Martínez, & Murcia, 2017), y constituyen una fuente de yemas para la multiplicación en los viveros de cítricos.

Como métodos complementarios para el manejo del CTV, se recomienda el control del insecto vector, y la desinfección de equipos y herramientas durante las labores culturales del cultivo, con hipoclorito al 1 %.

Exocortis

La exocortis está presente en casi todas las regiones citrícolas del mundo, y puede afectar a la mayoría de las especies de cítricos (Durán-Vila, 1989). Esta afección es producida por el viroide de la exocortis de los cítricos (CEVd) (Pospiviroidae: *Pospiviroid*), no se le conocen vectores, y se transmite principalmente por contacto con tejidos infectados y por transmisión mecánica cuando se utilizan herramientas de corte.

Esta enfermedad afecta la productividad de los cítricos cuando las copas de los cultivares se encuentran sobre portainjertos susceptibles, y disminuye el crecimiento, aunque no causa la muerte de los árboles. Las pérdidas económicas pueden alcanzar hasta un 60 %, por las bajas producciones de árboles con copas reducidas a causa del escaso desarrollo (enanismo).

El efecto es mayor en árboles que se han infectado desde la etapa de vivero o en propagaciones causadas por el agricultor al utilizar yemas infectadas, frente a aquellos que se infectan durante las prácticas culturales (Durán-Vila, 2004).

Tipo de daño

La exocortis de los cítricos se caracteriza principalmente por la aparición de descamaciones en la corteza del portainjerto, así como por grietas verticales y enanismo (Bernad, Durán-Vila, & Elena, 2009; Durán-Vila, 2004). Además, los árboles afectados suelen presentar escaso follaje, poco vigor y baja producción.

Los árboles de cítricos producidos a partir de yemas infectadas pueden permanecer sin síntomas de exocortis durante mucho tiempo, pero estos suelen aparecer a partir del cuarto o quinto año de su establecimiento en campo (Durán-Vila, 2004), característica que hace difícil su diagnóstico.

En Colombia, en lima ácida Tahití, se han encontrado infecciones simples o múltiples de CEVd con el viroide del enanismo de los cítricos (CDVd), y variantes no patogénicas del viroide del enanismo del lúpulo (HSVd), con síntomas de agrietamiento de corteza (Murcia, Bernad, Caicedo, & Durán-Vila, 2010).

El viroide CEVd, causante de la exocortis de los cítricos, también se ha identificado usando métodos biológicos y moleculares, en tejidos provenientes de viveros y huertos comerciales de lima ácida Tahití de Santander, con una incidencia del 44,8 %, Tolima (35 %), Cundinamarca (75 %), eje cafetero (Caldas, Quindío y Risaralda) (45,8 %) y Valle del Cauca (36,6 %).

En lima ácida Tahití no se observó el síntoma característico de descamaciones del portainjerto, pero los árboles presentaron amarillamiento sectorizado, y agrietamiento en la corteza del portainjerto y en las ramas. Estos síntomas no se pueden atribuir solo a la presencia del viroide, y es posible que las descamaciones en la corteza del portainjerto no hayan sido evidentes por el uso de los portainjertos Volkameriana, Citrumelo CPB 4475 y Citrumelo Swingle (figura 105) (Martínez, Gómez, Ramos, Ortiz, & Murcia, 2015), que han sido reportados como tolerantes a la exocortis (Villalba, 2001).

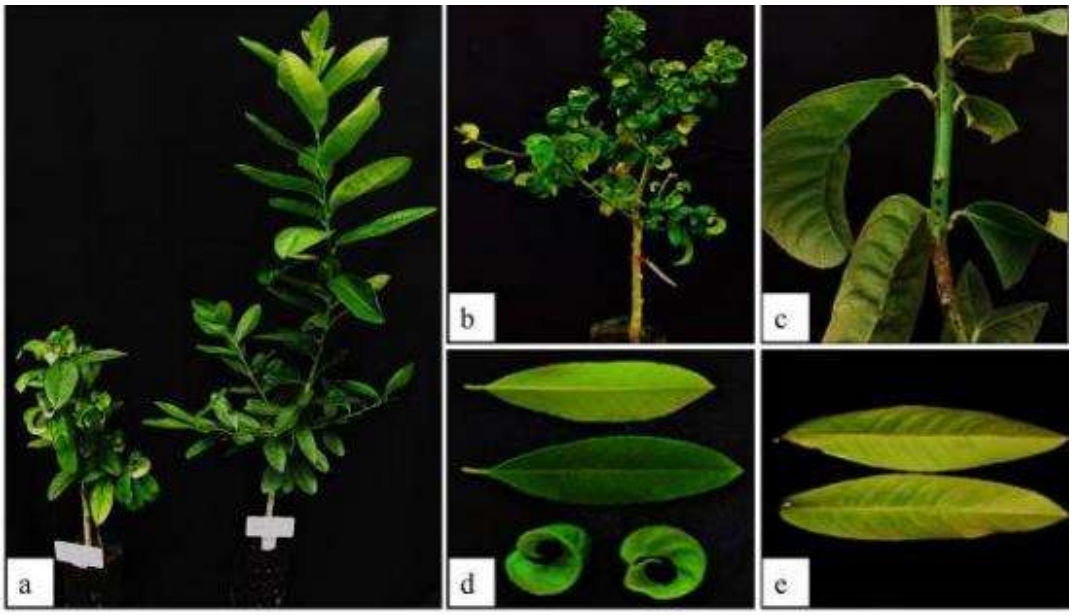
Fotos: Nubia Murcia-Riaño

Figura 105. Aspecto de los árboles de lima ácida Tahití afectados por exocortis en campo. a. Árbol con amarillamiento sectorizado; b. Agrietamiento de ramas; c. Agrietamiento en la copa y en el portainjerto.

Métodos de detección

El viroide CEVd se puede detectar por medio de pruebas biológicas y moleculares. Para el diagnóstico biológico, el clon Arizona 861-S1 del cidro Etrog (*C. medica* L.) se usa como planta indicadora (Roistacher, Calavan, Blue, Navarro, & Gonzales, 1977). La inoculación se hace mediante injerto, con corteza de la planta que se va a analizar. Deben incluirse un control negativo (planta sana) y uno positivo (planta inoculada con CEVd), para garantizar la fiabilidad del diagnóstico.

Para asegurar la expresión de los síntomas, se requiere que las plantas estén en condiciones de temperatura controlada, de 28 a 32 °C, por un periodo de 9 a 18 meses (Durán-Vila, 1989). Los síntomas característicos que se observan en el cidro Etrog son epinastia y enanismo acusados, así como necrosis de peciolo y de nervadura central (Durán-Vila et al., 1988) (figura 106).



Fotos: Diana Milena Rodríguez-Mora; David Velásquez-Ortiz; Nubia Murcia-Riaño

Figura 106. Síntomas de la infección con el viroide CEVd en plantas del clon Arizona 861-S1 del cidro Etrog. a. Planta infectada (izquierda), planta sana (derecha); b. Rugosidad de las hojas; c. Necrosis del tallo y del peciolo; d. Hojas sanas (arriba), epinastia acusada (abajo); e. Necrosis de nervadura.

El cidro Etrog es el huésped experimental utilizado para el diagnóstico de los viroides, y cada uno de ellos induce síntomas específicos en esta planta indicadora. Los métodos biológicos tienen limitaciones, relacionadas con un mayor periodo de incubación para la expresión de síntomas, el costo de mantenimiento de los invernaderos con temperaturas altas, y los resultados erráticos, debido a interferencias entre varios viroides que coinfectan una misma planta (Roistacher, 1998; Pina, Durán-Vila, & Navarro, 1991), ya que en muestras de cítricos colectadas en campo se encuentran mezclas o combinaciones de viroides.

Por esta razón, es necesario emplear técnicas moleculares como complemento del diagnóstico biológico, para garantizar una mayor especificidad en el resultado (Durán-Vila, 2000). El diagnóstico molecular del CEVd se realiza mediante la extracción del ácido ribonucleico (ARN), empleando diferentes técnicas: electroforesis secuencial en geles de poliacrilamida (sPAGE), hibridación de ácidos nucleicos (NAH) tipo Dot blot y Northern blot, y por RT-PCR (Murcia, 2009; Murcia, Bani-Hashemian et al., 2010; Murcia, Bernad et al., 2010; Murcia, Serra, Olmos, & Durán-Vila, 2009).

Sin embargo, la RT-PCR es una de las técnicas más usadas para el diagnóstico de viroides en cítricos, porque puede detectar uno o varios de ellos en la misma planta, usando cebadores específicos. Es un método sensible y permite hacer el diagnóstico del CEVd a partir de material vegetal de cítricos obtenido en condiciones de campo (Mühlbach et al., 2003). Además, ha permitido la caracterización y discriminación de variantes suaves y agresivas del CEVd (Bernad & Durán-Vila, 2006).

Factores predisponentes

La dispersión de la exocortis en campo está relacionada principalmente con los siguientes factores determinantes:

1. La propagación de yemas y portainjertos infectados con el viroide.
2. La transmisión mecánica durante las labores de poda y recolección. El viroide es muy estable y se puede transmitir con relativa facilidad mediante navajas, tijeras, sierras y serruchos cuando se hace contacto con el árbol, incluso después de varias semanas (Durán-Vila, 2004).

3. Combinaciones sensibles de variedad y portainjerto.
4. El tipo de aislamiento del viroide.
5. La edad del árbol en el momento en el que se presenta la infección.
6. Las condiciones climáticas en las que se desarrolla el cultivo (Pethybridge, Hay, Barbara, Eastwell, & Willson, 2008). Temperaturas e intensidades lumínicas altas favorecen la expresión de síntomas y la acumulación del viroide en la planta.

Susceptibilidad de materiales

Se conocen varias especies de cítricos sensibles a la exocortis, como *P trifoliata*, los híbridos Citrange Troyer y Citrange Carrizo (*C. sinensis* Osb. × *P. trifoliata* [L.] Raf.), y la lima Rangpur (*Citrus limonia* Obs.).

De igual modo, son sensibles Sunki × Jacobson (S × J), Citrumelo Swingle (*C. paradisi* Macf. × *P. trifoliata* [L.] Raf) y Kryder, que son usados como portainjertos (Orduz-Rodríguez & Mateus, 2012; Sanches-Stuchi, 2007), así como la lima dulce (*C. limettioides* Tanaka), el limonero (*Citrus limon* [L.] Burm. fil.), la pamplemusa (*Citrus grandis* [L.] Osbeck) y la lima ácida Tahití (*C. latifolia* Tanaka), que son utilizados como variedades comerciales.

Por otro lado, el naranjo agrio (*C. aurantium* L.), la mandarina Cleopatra (*C. reshni* Horth. Ex Tan.) y el limón Volkameriana (*Citrus volkameriana* Ten. & Pasq.) han sido reportados como tolerantes a la exocortis (Orduz-Rodríguez & Mateus, 2012; Rico, 1982).

Prácticas de manejo

Debido a que no se ha comprobado que el CEVd se transmita por vectores ni por semilla sexual, el control es únicamente preventivo y consiste en las siguientes medidas:

1. Utilizar plantas sanas, provenientes de material de propagación (variedad y portainjerto) libre del viroide CEVd, y obtenido de programas de saneamiento, a partir de ápices caulinares, por el método de microinjerto.
2. Desinfectar las herramientas de corte durante las actividades de injertación, poda y recolección, mediante inmersión en hipoclorito de sodio al 1 % (Durán-Vila, 2004).

Wood pocket

Se suele denominar fisiopatía a los daños o trastornos en las plantas provocados por agentes de origen abiótico. Se usa la palabra *abiótico* para indicar que el síntoma no es causado por un agente biológico, como un insecto, un ácaro o un patógeno (Kennelly, O'Mara, Rivard, Miller, & Smith, 2012).
Los trastornos abióticos están relacionados con factores causales no vivos, como el clima, los suelos, los productos químicos, las lesiones mecánicas, las prácticas culturales y, en algunos casos, una predisposición genética de la propia planta (Kennelly et al., 2012).

En la actualidad, hay una fisiopatía que está afectando la zona productora de cítricos del Tolima, y que el ICA diagnosticó en 2011 como *wood pocket* (ICA, 2011) (figura 107). Ruehle (1943) describió los síntomas asociados a esta fisiopatía, y fue capaz de reproducirlos por injerto. Entre ellos se destaca la existencia de áreas o bolsas de madera muerta debajo de las grietas o hendiduras de la corteza.

Además, Fawcett y Calavan (1948) identificaron la presencia de un moteado en las hojas, que describieron como "aspecto de un tipo de quimera variegada con amplias bandas de color verde a amarillo y a blanco o una reticulación tipo agujeta envolviendo una parte o toda la hoja". Knorr, Suit y DuCharme (1957) definieron *wood pocket* en Florida como una condición genéticamente inherente a la mayoría de los limones Bearss, Tahití o Persa.

Se trata de un problema grave, que ha sido reconocido en algunas regiones productoras del mundo, como Estados Unidos, México, Belice, Arabia Saudita, el Sultanato de Omán y Egipto (Almeyda-León et al., 2000; Garnier, Zreik, & Bové, 1991; Knorr et al., 1957). En Colombia el ICA también indica que se trata de la fisiopatía denominada *wood pocket* y, por lo tanto, AGROSAVIA se centra en a problemática como una fisiopatía.

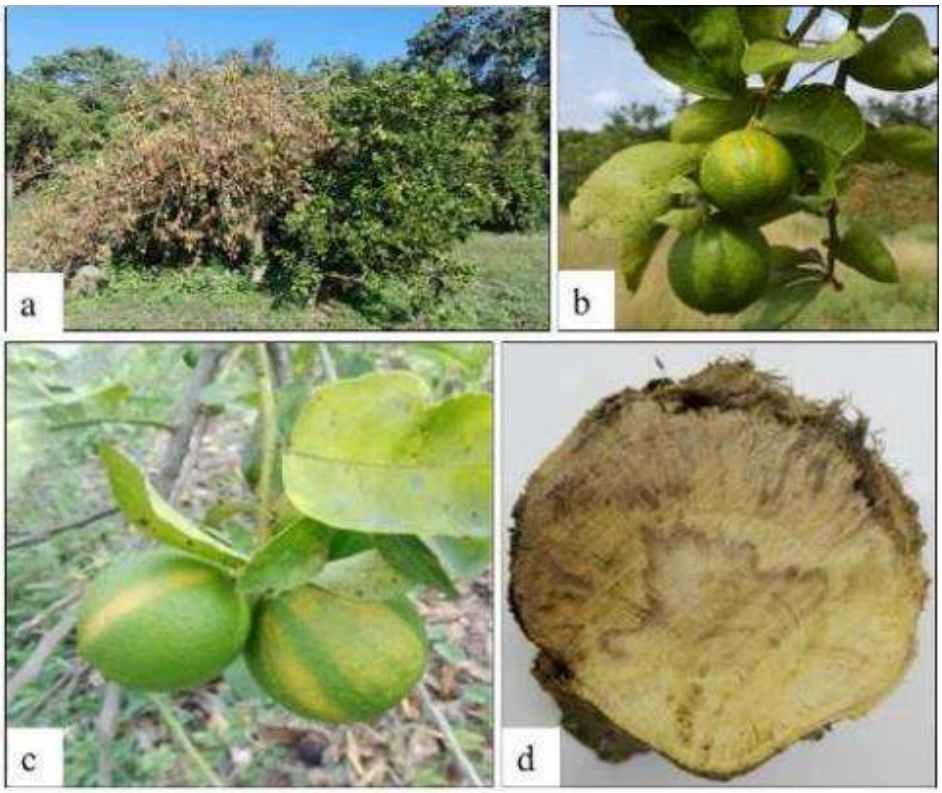


Foto: Lumey Pérez-Artiles

Figura 107. Síntomas semejantes a los relacionados con la fisiopatía wood pocket en lima ácida Tahití, en la región caribe colombiana. a. Árbol con secamiento sectorizado; b. Estado inicila del variegado clorítico en frutos; c. Estado avanzado del variegado clorótico en frutos; d. Tronco con secamiento sectorizado.

En el departamento del Tolima, la fisiopatía y sus características están demarcadas por el deterioro y la muerte de los árboles de lima ácida Tahití, y son potenciadas por el mal manejo hídrico de los huertos, dadas las condiciones de alta demanda hídrica y baja capacidad de almacenamiento de los suelos.

Esta condición de constante déficit y el crecimiento de los huertos, es decir, el aumento del área foliar, implican el incremento de la demanda hídrica que no logra ser cumplida por la frecuencia de riego y la capacidad de almacenamiento del suelo. Como hipótesis funcional, se plantea que el sistema vascular colapsa a causa de la cavitación que ocasiona la ausencia de agua en el suelo, en horas en que la atmósfera tiene una alta demanda hídrica. En ese contexto, el necrosamiento es provocado por la ruptura de las traqueidas.

Es necesario considerar que los diagnósticos de algunos problemas abióticos requieren un cuidadoso análisis de las condiciones de la planta y del sitio de desarrollo, a través de un proceso de eliminación de factores, para determinar la fuente y el posible manejo del problema.

El seguimiento a la evolución de la fisiopatía en el huerto se hace con una escala cuantitativa detallada por rama (figura 108). Las ramas son categorizadas en el árbol, siendo 1 el tallo principal o tronco del árbol, y en adelante las ramas se numeran del 2 al 5, siendo 5 las ramas donde se desarrollan las flores y los frutos.

El seguimiento se hace cada quince días, cuantificando el número de ramas afectadas por categoría. De esta manera, se identifica el nivel de daño del árbol y, cuando el 75 % de las ramas del orden 3 están afectadas, se toma la decisión de podar. Las ramas de orden 4 y 5 pueden ser podadas sin restricción cuando estén afectadas, ya que los frutos deteriorados no son comercializables, y las ramas se regeneran con la brotación del siguiente ciclo.

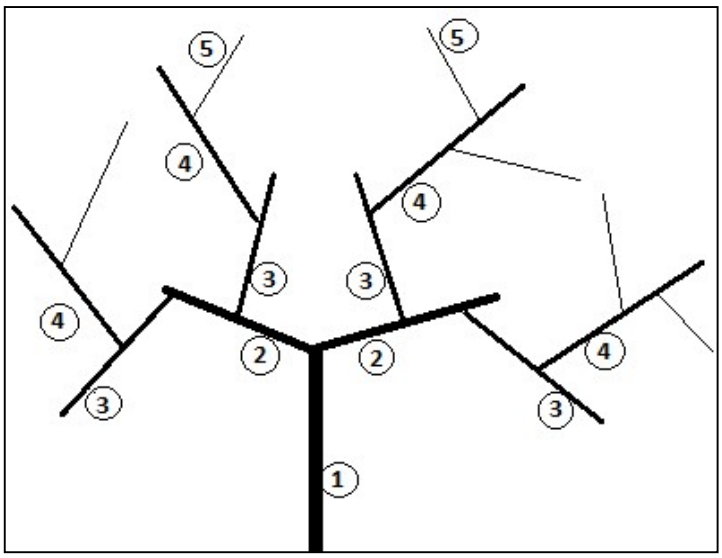


Ilustración: Liliana Ríos-Rojas

Figura 108. Estructura del árbol: orden de revisión de ramas para el análisis de la fisiopatía.

De forma experimental, se identificó que, ante los síntomas de la fisiopatía, la sanidad del cultivo mejora cuando está bien hidratado y nutrido. En los suelos del Tolima, el contenido de agua se debe mantener cercano a la capacidad de campo durante las horas de mayor radiación, para lo cual se deben hacer dos riegos al día: uno en la mañana, antes de la salida del sol, y un segundo riego, 7 horas después. El volumen de agua depende del tipo de suelo. Experimentalmente, se aplicaron 80 L/árbol en cada riego, es decir, 160 L/día/árbol.

En cuanto a la fertilización, depende del tipo de suelo, y es recomendable aplicar el 100 % del requerimiento que indica el balance nutricional entre el análisis del suelo y el correspondiente al tejido foliar. Estos análisis deben realizarse al inicio del ciclo, para proyectar la fórmula de fertilización.

Referencias

Acosta-Pérez, J., Ortiz-García, C., Zaldívar-Cruz, J., Rodríguez-Cuevas, M., Bautista-Muñoz, C., & Castillo-Aguilar, D. (2012). Identificación del agente causal e importancia de la gomosis en la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo*, *28*(3), 245-258.

Afanador-Kafuri, L., Minz, D., Maymon, M., & Freeman, S. (2003). Characterization of *Colletotrichum* isolates from tamarillo, passiflora and mango in Colombia and identification of a unique species from genus. *Phytopathology*, *93*(5), 579-587.

Agostini, J., Gottwald, T., & Timmer, L. (1993). Temporal and spatial dynamics of postbloom fruit drop of citrus in Florida. *Phytopathology*, *83*(5), 485-490.

Agostini, J., & Timmer, L. (1992). Selective isolation procedures for differentiation of two strains of *Colletotrichum gloeosporioides* from citrus. *Plant Disease*, *76*, 1176-1178.

Aguilera, V. (2016). Enfermedades fúngicas de los cítricos en Panamá. Estudio particular de la mancha grasienta causada por Mycosphaerellaceae (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

Ahmed, Y., D'Onghia, A., Ippolito, A., El Shimy, H., Cirvilleri, G., & Yaseen, T. (2012). *Phytophthora nicotianae* is the predominant *Phytophthora* species in citrus nurseries in Egypt. *Phytopathologia Mediterranea, 51*(3), 519-527.

Alanís-Martínez, I., Cora-Valencia, E., Robles-García, P., Silva-Rojas, H., & López-Buenfil, A. (2016). *Mancha sectorial (*Wood pocket*) y* Huanglongbing *(HLB), reto para la producción de la lima persa en Morelos.* XLIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, Sinaloa, México. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Iobana_Alanis.

Almeyda-León, I., Iracheta-Cárdenas, M., Jasso-Argumedo, J., Curti-Díaz, S., Ruiz-Beltrán, P., & Rocha-Peña, M. (2000). Reexamination of citrus viroids of Tahiti lime in México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, *20*(2), 152-160.

Álvarez, L. (2008). *Estudios de etiología, epidemiología y control de un nuevo síndrome de lesiones en tronco y ramas principales de cítricos asociado a Phytophthora* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

Amro, I., Mateos, J., Vega, M., Molina, R., & Katsaggelos, A. (2011). A survey of classical methods and new trends in pansharpening of multispectral images. *EURASIP. Journal on Advances in Signal Processing*, *2011*(1), 79.

Arias, E. (2012). *Enfermedades de los principales cultivos de Costa Rica, síntomas, desarrollo y manejo* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Bar-Joseph, M., Marcus, R., & Lee, R. (1989). The continuous challenge of citrus tristeza virus control. *Annual Review of Phytopathology*, *27*(1), 291-316.

Bassanezi, R., Belasque, J., & Montesino, L. (2013). Frequency of symptomatic trees removal in small citrus blocks on citrus huanglongbing epidemics. *Crop Protection*, *52*, 72-77.

Bassanezi, R., Lopes, S., Belasque, J., Spósito, M., Yamamoto, P., Miranda, M., & Wulff, N. (2010). Epidemiologia do huanglongbing e suas implicações para o manejo da doença. *Citrus Research and Technology*, *31*(1), 11-23.

Belasque-Junior, J., Bergamin-Filho, A., Bassanezi, R., Barbosa, J., Gimenes-Fernandes, N., Yamamoto, P., ... & Massari, C. (2009). Base científica para a erradicação de plantas sintomáticas e assintomáticas de Huanglongbing (HLB, Greening) visando o controle efetivo da doença. *Tropical Plant Pathology*, *34*(3), 137-145.

Bernad, L., & Durán-Vila, N. (2006). A novel RT-PCR approach for detection and characterization of citrus viroids. *Molecular Cell Probes*, *20*(2), 105-113.

Bernad, L., Durán-Vila, N., & Elena, S. F. (2009). Effect of citrus hosts on the generation, maintenance and evolutionary fate of genetic variability of citrus exocortis viroid. *Journal of General Virology*, *90*(8), 2040-2049.

Bové, J. (2006). Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology*, *88*(1), 7-37.

Brent, K., & Hollomon, D. (1995). *Fungicide resistance in crop pathogens: how can it be managed?* (FRAC Monograph N.º 1) (2ª ed.). Bruselas, Bélgica: Fungicide Resistance Action Committee (FRAC).

Cambra, M. (1983). Diagnóstico del virus de la tristeza (CTV) mediante la técnica ELISA: interés y aplicaciones. *Levante Agrícola*, *245*, 11-17.

Cambra, M., Gorris, M., Marroquín, C., Román, M., Olmos, A., Martínez, M., ... & Navarro, L. (2000). Incidence and epidemiology of *Citrus tristeza virus* in the Valencian Community of Spain. *Virus Research*, *71*(1-2), 85-95.

Cambra, M., Gorris, M., Olmos, A., Martínez, M., Román, M., Bertolini, E., ... & Carbonell, E. (2002). European Diagnostic Protocols (DIAGPRO) for *Citrus tristeza virus* in adult trees. En J. da Graça, R. Milne & L. W. Timmer (Eds.). *Proceedings of the 15th Conference of the International Organization of the IOCV* (pp. 69-77). Riverside, EE. UU: IOCV. Recuperado de www.iocv.org/proceedings.html.

Cambra, M., & Moreno, P. (2000). Tristeza. En P. Moreno & N. Durán-Vila (Eds.). *Enfermedades de los cítricos* (pp. 77-81) (Monografía N.° 2). Madrid, España: Sociedad Española de Fitopatología.

Campbell, C. (1991). Rootstocks for the "Tahiti" lime. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, *104*, 28-30.

Castro, B., Timmer, L., Leguizamón, J., Müller, G., & Corrales, J. (2000). *Enfermedades de los cítricos en Colombia*. Bogotá, Colombia: Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola.

Chaparro-Zambrano, H., Velásquez, H., & Orduz-Rodríguez, J. (2013). Influencia del virus de la tristeza de los cítricos (CTV) en el comportamiento de la lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) injertada sobre seis patrones en el piedemonte llanero de Colombia (1997-2008). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *14*(1), 33-38.

Chien, C., Chiu, S., & Ku, S. (1989). Biological control of *Diaphorina citri* in Taiwan. *Fruits*, *44*(7-8), 401-407.

Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF). (2016). *Protocolos de diagnóstico para plagas reglamentadas. PD 15: Virus de la tristeza de los cítricos* (Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias 27. Anexo 15). Roma, Italia: CIPF. Recuperado de https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2017/02/DP_15_2016_Es_2017-01-31.pdf.

Durán-Vila, N. (1989). Enfermedades producidas por viroides: la exocortis de los cítricos. *Phytoma*, *7*, 19-25.

Durán-Vila, N. (2000). Enfermedades producidas por viroides y agentes similares. En P. Moreno & N. Durán-Vila (Eds.). *Enfermedades de los cítricos* (pp. 87-92) (Monografía N.º 2). Madrid, España: Sociedad Española de Fitopatología.

Durán-Vila, N. (2004). Enfermedades de cítricos causadas por viroides: exocortis y caquexia. *Vida rural*, *188*, 52-56.

Durán-Vila, N., Pina, J., Ballester, J., Juárez, J., Roistacher, C., Rivera-Bustamante, R., & Semancik, S. (1988). The citrus exocortis disease: a complex of viroid-RNAs. *Proceedings of the 10th Conference of the IOCV* (pp. 152-164). Riverside, EE. UU: IOCV.

Drenth, A., & Guest, D. (2004). *Diversity and management of* Phytophthora *in southeast Asia* (Monograph N.° 114). Canberra, Australia: Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR).

Escobar, H., Murcia, N., & Martínez, M. (2013). Estudio del estado sanitario de la colección de trabajo de cítricos obtenidos por microinjerto frente al virus de la tristeza. *Memorias del XXXI Congreso Colombiano de Fitopatología, 37*(1), 70.

Fagoaga, C., López, C., de Mendoza, A., Moreno, P., Navarro, L., Flores, R., & Peña, L. (2006). Post-transcriptional gene silencing of the p23 silencing suppressor of Citrus tristeza virus confers resistance to the virus in transgenic Mexican lime. *Plant Molecular Biology, 60*(2), 153-165.

Fauvergue, X., & Quilici, S. (1991). Étude de certains paramètres de la biologie de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae), ectoparasitoide primaire de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) vecteur du greening des agrumes. *Fruits*, *46*, 179-185.

Fawcett, H., & Calavan, E. (1948). Wood pocket: may be result of virus or toxin in parent tree in certain strain of Lisbon lemon. *California Agriculture*, *2*(9), 12-15.

Figueroa, J., Foguet, L., Figueroa-Castellanos, A., & Stein, B. (2009). Biological characterization of Citrus tristeza virus strains in lemon in Tucumán, Argentina. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, *86*(1), 37-41.

Futch, S., Weingarten, S., & Irey, M. (2009). Determining HLB infection levels using multiple survey methods in Florida citrus. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 122*, 152-157.

Galindo, M., Contreras, C., González, R., Mata, F., & Olvera, L. (2009). Caracterización ecobiogeográfica del psílido *Diaphorina citri* Kuwayama vector del Huanglongbing que afecta la citricultura mexicana apoyados en SIG y sensores de alta resolución. *Entomología Mexicana*, *8*, 625-630.

Garnier, M., Zreik, L., & Bové, J. (1991). Witches' broom, a lethal mycoplasmal disease of lime trees in the sultanate of Oman and the United Arab Emirates. *Plant Disease*, *75*(6), 546-551.

Garnsey, S., Barrett, H., & Hutchison, D. (1987). Identification of citrus tristeza virus resistance in Citrus relatives and its potential applications. *Phytophylactica*, *19*(2), 187-192.

Gasparoto, M., Lourenço, S., Tanaka, F., Spósito, M., Marchini, L., Silva-Junior, G., & Amorim, L. (2017). Honeybees can spread *Colletotrichum acutatum* and *C. gloeosporioides* among citrus plants. *Plant Pathology, 66*(5), 777-782.

Graham, J., Dewdney, M., & Johnson, E. (2009). *Florida Citrus Production Guide:* Phytophthora *Foot Rot and Root Rot.* Vero Beach, EE. UU.: Universidad de Florida.

Graham, J., & Menge, J. (2000). *Phytophthora*-induced diseases. En L. Timmer, S. Garnsey & J. Graham (Eds.). *Compendium of citrus diseases* (2.ª ed., pp. 12-15). St. Paul, EE. UU.: American Phytopathological Society (APS).

Griffith, J., Davis, A., & Grant, B. (1992). Target sites of fungicides to control oomycetes. En W. Köller (Ed.). *Target sites of fungicide action* (pp. 69-100). Boca Ratón, EE. UU.: CRC Press.

Guest, D. (1984). The influence of cultural factors on the direct anti-fungal activities of fosetyl-Al, propamocarb, metalaxyl, SN 75196 and Dowco 444. *Journal of Phytopathology*, *111*(2), 155-164.

Guest, D. (1986). Evidence from light microscopy of living tissues that fosetyl-Al modifies the defence response in tobacco seedlings following inoculation by *Phytophthora nicotianae var. nicotianae. Physiological and Molecular Plant Pathology*, *29*(2), 251-261.

Halbert, S., & Manjunath, K. (2004). Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. *Florida Entomologist*, *87*(3), 330-353.

Hocquellet, A., Toorawa, P., Bové, J., & Garnier, M. (1999). Detection and identification of the two *Candidatus* Liberobacter species associated with citrus huanglongbing by PCR amplification of ribosomal protein genes of the β operon. *Molecular and Cellular Probes*, *13*(5), 373-379.

Hutchison, D. (1974). Swingle citrumelo: a promising rootstock hybrid. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, *87*, 89-91.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2011). *Muestreo fitosanitario de los cítricos en el Tolima* (Informe de actividades. Semestre B de 2011). Ibagué, Colombia: ICA.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2015). *Resolución 2390 de 2015, por medio de la cual se declara el estado de emergencia fitosanitaria en el territorio nacional por la presencia de adultos de Diaphorina citri infectados con la bacteria de la enfermedad del HLB de los cítricos*. Bogotá, Colombia: autor. Recuperado de https://www.ica.gov.co/Normatividad/Normas-Ica/Resoluciones-Oficinas-Nacionales/RESOLUCIONES-DEROGADAS/Res-2390-de-2015.aspx.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2017). *Resolución 7109 de 2017, por medio de la cual se declara el estado de emergencia fitosanitaria en el territorio nacional por la presencia de la enfermedad conocida como Huanglongbing (HLB) de los cítricos*. Bogotá, Colombia: autor. Recuperado de https://www.ica.gov.co/getattachment/13aecd80-7a8a-4e9f-b209-4b11d0fccc1b/2017R7109.aspx.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2018). Resolución 19680 de 2018, por medio de la cual se declara en cuarentena fitosanitaria el departamento de Norte de Santander, por la presencia de la plaga denominada Huanglongbing (HLB) de los cítricos. Bogotá, Colombia: autor. Recuperado de https://www.ica.gov.co/getattachment/13aecd80-7a8a-4e9f-b209-4b11d0fccc1b/2017R7109.aspx.

Jagoueix, S., Bové, J., & Garnier, M. (1996). PCR detection of the two *Candidatus* Liberobacter species associated with greening disease of citrus. *Molecular and Cellular Probes*, *10*(1), 43-50.

Kennelly, M., O'Mara, J., Rivard, C., Miller, G., & Smith, D. (2012). Introduction to abiotic disorders in plants. En *The Plant Health Instructor*. St. Paul, EE. UU.: APS. Recuperado de https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/abiotic/intro/Pages/Abiotic.aspx.

Keremane, M., Ramadugu, C., Rodriguez, E., Kubota, R., Shibata, S., Hall, D., ... & Lee, R. (2015). A rapid field detection system for citrus huanglongbing associated "*Candidatus* Liberibacter asiaticus" from the psyllid vector, *Diaphorina citri* Kuwayama and its implications in disease management. *Crop Protection*, *68*, 41-48.

Knorr, L. C., Suit, R. F., & DuCharme, E. P. (1957). *Handbook of citrus diseases in Florida* (Agricultural Experiment Station Bulletin N.° 587). Gainesville, EE. UU.: Universidad de Florida.

Lee, R., & Bar-Joseph, M. (2000). Tristeza. En L. Timmer, S. Garnsey & J. Graham (Eds.). *Compendium of citrus diseases* (2.ª ed., pp. 61-63). St. Paul, EE. UU.: APS.

León, M., & Kondo, T. (2017). *Insectos y ácaros de los cítricos: compendio ilustrado de especies dañinas y benéficas, con técnicas para el manejo integrado de plagas*. Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

Li, X., Lee, W., Li, M., Ehsani, R., Mishra, A., Yang, C., & Mangan, R. (2015). Feasibility study on Huanglongbing (citrus greening) detection based on WorldView-2 satellite imagery. *Biosystems Engineering*, *132*, 28-38.

Luis, M., Peña, M., Collazo, C., Ramos, P., & Llauger, R. (2010). *Enfermedades bacterianas y fungosas en viveros de cítricos: características y control.* Taller regional sobre viveros de cítricos, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, La Habana, Cuba.

Mann, R., Tiwari, J., Smoot, L., Rouseff, R., & Stelinski, L. (2012). Repellency and toxicity of plant-based essential oils and their constituents against *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). *Journal of Applied Entomology, 136*(1-2), 87-96.

Martínez, M., Gómez, P., Ramos, P., Ortiz, V., & Murcia, N. (2015). *Biological detection of the citrus Exocortis viroid (CEVd) at Citrus Nurseries from four regions of Colombia.* XXXII Congreso Colombiano de Fitopatología y I Simposio Internacional de *Fusarium,* Cajicá, Colombia.

Martínez, E., Hío, J., Osorio, J., & Torres, M. (2009) Identification of *Colletotrichum* species causing anthracnose on Tahiti lime, tree tomato and mango. *Agronomía Colombiana, 27*(2), 211-218.

Mendt, R., Ochoa, F., Villalba, L., Uhlig, H., Pérez, G., Cedeño, A., & Barreto, T. (1988). Evaluation of citrus tristeza virus tolerant rootstocks grafted with Valencia orange in Venezuela. *Proceedings of the 10th Conference of the IOCV* (pp. 107-112). Riverside, EE. UU.: IOCV.

Mestre, P., Asins, M., Carbonell, E., & Navarro, L. (1997). New gene(s) involved in the resistance of *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. to Citrus Tristeza Virus. *Theoretical and Applied Genetics*, *95*(4), 691-695.

Moreno, P., & Ambrós, S. (2011). Bases para el control de las enfermedades causadas por el virus de la tristeza de los cítricos. *Vida Rural*, 30-35. Recuperado de http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Vrural%2FVrural_2011_335_30_35.pdf.

Moreno, P., Ambrós, S., Albiach-Martí, M., Guerri, J., & Peña, L. (2008). Citrus tristeza virus: a pathogen that changed the course of the citrus industry. *Molecular Plant Pathology*, *9*(2), 251-268.

Mühlbach, H., Weber, U., Gómez, G., Pallás, V., Durán-Vila, N., & Hadidi, A. (2003). Molecular hybridization. En A. Hadidi, R. Flores, J. Randles & J. Semancik (Eds.). *Viroids* (pp. 103-114). Canberra, Australia: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO).

Murcia, N. (2009). Detección y caracterización agronómica de viroides de cítricos. Identificación y caracterización molecular y biológica de variantes del viroide del enanismo de los cítricos CDVd (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

Murcia, N., Bani-Hashemian, S., Bederski, K., Wulff, N., Barbosa, C., Bové, J., & Durán-Vila, V. (2010). Viroids in Tahiti lime scions showing bark cracking symptoms. *Proceedings of the 17th Conference of the IOCV* (pp. 167-175). Riverside, EE. UU: IOCV.

Murcia, N., Bernad, L., Caicedo, A., & Durán-Vila, N. (2010). Citrus Viroids in Colombia. *Proceedings of the 17th Conference of the IOCV* (pp. 158-166). Riverside, EE. UU: IOCV.

Murcia, N., Caicedo, A., Calvert, L., Sánchez, M., Dávila, G., Domínguez, A., & Martínez, H. (2005). Caracterización de diez aislamientos colombianos del virus de la tristeza de los cítricos. *Fitopatología Colombiana*, *28*(1), 31-36.

Murcia, N., Osorio, J., Caicedo, A., Morales, F., & Calvert, L. (2002). Distribución y caracterización serológica de aislamientos del virus de la tristeza de los cítricos en Colombia. *Fitopatología Colombiana*, *26*(1), 21-26.

Murcia, N., Ríos, D., Caicedo, A., Martínez, M., & Corrales, D. (2012). Importancia del programa de certificación como medida para controlar la calidad sanitaria y varietal de los cítricos en Colombia (Plegable divulgativo). Palmira, Colombia: Corpoica.

Murcia, N., Serra, P., Olmos, A., & Durán-Vila, N. (2009). A novel hybridization approach for detection of citrus viroids. *Molecular and Cellular Probes, 23*(2), 95-102.

Naqvi, S. (2003). *Production of* Phytophthora*-free nursery-stock mandatory to avert decline and death of citrus plants in India.* Souvenir and abstracts of national symposium on plant pathogens diversity in relation to plant health, Hyderabad, India.

Naranjo, M. (1997a). Reseña bibliográfica sobre la enfermedad tristeza de los cítricos. *Levante Agrícola: Revista Internacional de Cítricos*, *340*, 227-240.

Naranjo, M. (1997b). Reseña bibliográfica sobre la enfermedad tristeza de los cítricos. II. Diversidad de razas de virus, caracterización, formas de transmisión, diagnóstico y estrategias de control. *Levante Agrícola: Revista Internacional de Cítricos, 341*, 355-368.

North American Plant Protection Organization (NAPPO). (2012). *Protocolos de diagnósticos de la NAPPO: Huanlongbing de los cítricos.* Ottawa, Canadá: NAPPO. Recuperado de https://nappo.org/files/6614/4043/0498/DP_2_HLB_04-10-2012-s.pdf.

Orduz-Rodríguez, J., & Mateus, D. (2012). Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas para su cultivo en Colombia. En C. P. Pássaro-Carvalho (Ed.). *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización* (pp. 49-88). Caldas, Colombia: Corporación Universitaria Lasallista.

Orozco-Santos, M. (1995). *Enfermedades presentes y potenciales de los cítricos en México*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.

Orozco-Santos, M. (2006). *Patogenicidad, variabilidad morfológica y genética de* Colletotrichum acutatum *Simmonds de cítricos en México* (Tesis doctoral). Universidad de Colima, Colima, México.

Osorio, J. (2008). Dinámica de fuentes de inóculo y análisis de la estructura de las poblaciones de los agentes causales de antracnosis en especies de frutales promisorios (Informe final de proyecto de COLCIENCIAS). Bogotá, Colombia: Corpoica.

Ospina, C., & Osorio, J. (2005). Caracterización de poblaciones del género *Colletotrichum* causante de la antracnosis de los cítricos. *Fitopatología Colombiana, 29*(1), 15-22.

Parra, J., Lopes, J., Torres, M., Nava, D., & Paiva, P. (2010). Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao huanglongbing. *Citrus Research & Technology*, *31*(1), 37-51.

Pelz-Stelinski, K., Brlansky, R., Ebert, T., & Rogers, M. (2010). Transmission parameters for *Candidatus* Liberibacter asiaticus by Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). *Journal of Economic Entomology*, *103*(5), 1531-1541.

Peres, N., MacKenzie, S., Peever, T., & Timmer, L. (2008). Postbloom fruit drop of citrus and key lime anthracnose are caused by distinct phylogenetic lineages of *Colletotrichum acutatum*. *Phytopathology*, *98*(3), 345-352.

Peres, N., Timmer, L., Adaskaveg, J., & Correll, J. C. (2005). Lifestyles of *Colletotrichum acutatum*. *Plant Disease*, *89*(8), 784-796.

Pethybridge, S., Hay, F., Barbara, D., Eastwell, K., & Willson, C. (2008). Viruses and viroids infecting hop: significance, epidemiology, and management. *Plant Disease, 92*(3), 324-338.

Phung, M., Pongnak, W., Soytong, K., & Poeaim, S. (2015). Identifications of *Phytophthora* spp. causing citrus root rots in Thailand. *Journal of Agricultural Technology*, *11*(8), 1897-1910.

Pina, J., Durán-Vila, N., & Navarro, L. (1991). Interference of citrus viroids with cachexia symptoms on Parson's special mandarin. En *Proceedings of the 11th Conference of the IOCV* (pp. 206-208). Riverside, EE. UU.: IOCV.

Quiroga-Cardona, J., Hernández-Parrado, F., Silva-Herrera, M., & Orduz-Rodríguez, J. (2010). Comportamiento de la producción de lima Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka), injertada sobre el patrón de mandarina Cleopatra (*Citrus reticulata* Blanco) y la influencia del virus de la tristeza (CTV) en condiciones del piedemonte del Meta, 1997-2008. *Orinoquia*, *14*(1), 1-11.

Reyes, A., Osorio, J., Martínez, E., & Hío, J. (2007). Estudio de la relación fenológica reproductiva y el comportamiento de las infecciones latentes de *Colletotrichum acutatum* en tomate de árbol. *Fitopatología Colombiana*, *31*(2), 37-42.

Rico, J. (1982). *El "miriñaque" del limonero y los portainjertos*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Rocha-Peña, M., Lee, R., Lastra, R., Niblett, C., Ochoa, F., Garnsey, S., & Yokomi, R. (1995). Citrus Tristeza Virus and its aphid vector *Toxoptera citricida*: threats to citrus production in the Caribbean and Central and North America. *Plant Disease*, *79*(5), 437-445.

Rodríguez-Mora, D., Palacios, L., Martínez, M., & Murcia, N. (2017). *Colección de variedades de cítricos libres de Tristeza, Exocortis y Huanglongbing.* En V Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical y IX Simposio Internacional de Piña, La Habana, Cuba.

Rodríguez, P., Romero, G., & Guzmán, M. (2009). Detección del virus de la tristeza de los cítricos por serología, microscopía e hibridación *in situ*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, *11*(1), 94-106.

Roistacher, C. (1991). *Graft-transmissible diseases of citrus: handbook for detection and diagnosis.* Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO). Recuperado de https://ia800205.us.archive.org/11/items/bub_gb_9zY1uFGchAgC/bub_gb_9zY1uFGchAgC.pdf.

Roistacher, C. (1998). Indexing for viruses in citrus. En A. Hadidi, R. Khetarpal & H. Koganezawa (Eds.). *Plant Virus Disease Control* (pp. 301-319). St. Paul, EE. UU.: APS.

Roistacher, C., Calavan, E., Blue, R., Navarro, L., & Gonzales, R. (1977). A new more sensitive citron indicator for the detection of mild isolates of citrus exocortis viroid (CEVd). *Plant Disease Reporter, 61*, 135-139.

Roose, M. L. (2014). Rootstocks. En L. Ferguson & E. Grafton-Cardwell (Eds.). *Citrus Production Manual* (pp. 95-105). Oakland, EE. UU.: Universidad de California.

Ruehle, G. D. (1943). A new disease of Persian (Tahiti) lime transmitted through budwood. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, *56*, 126-128.

Sanabria, A., Mahuku, G., Kelemu, S., Cadavid, M., García, C., Hío, J., ... & Osorio, J. (2010). Identificación y caracterización molecular de *Colletotrichum* sp. aislados de lima Tahití, tomate de árbol y mango. *Agronomía Colombiana*, *28*(3), 391-399.

Sanches-Stuchi, E. (2007). Trifoliata Flying Dragon: um excelente porta-enxerto para limão Tahiti. En *Memória Congresso Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro* (pp. 8-10). Bebedouro, Brasil: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

Savita, G., & Avinash, N. (2012) Citrus diseases caused by *Phytophthora* species. GERF *Bulletin of Biosciences, 3*(1), 18-27.

Soler, J., Robles, J., & Gómez-Arnau, J. (1997). Aliette: protección de las enfermedades de los frutos cítricos. *Phytohemeroteca, 90*, 55-58.

Takushi, T., Toyozato, T., Kawano, S., Taba, S., Taba, K., Ooshiro, A., ... & Tokeshi, M. (2007). Scratch method for simple, rapid diagnosis of citrus huanglongbing using iodine to detect high accumulation of starch in the citrus leaves. *Japanese Journal of Phytopathology*, *73*(1), 3-8.

Teixeira, D., Ayres, J., Kitajima, E., Danet, L., Jagoueix, S., Saillard, C., & Bové, J. (2005). First report of a huanglongbing-like disease of citrus in São Paulo State, Brazil and association of a new Liberibacter species, "*Candidatus* Liberibacter americanus", with the disease. *Plant Disease*, *89*(1), 107.

Teixeira, D., Saillard, C., Couture, C., Martins, E., Wulff, N., Jagoueix, S., ... & Bové, J. (2008). Distribution and quantification of *Candidatus* Liberibacter americanus, agent of huanglongbing disease of citrus in São Paulo state, Brazil, in leaves of an affected sweet orange tree as determined by PCR. *Molecular and Cellular Probes*, *22*(3), 139-150.

Timmer, L. (2000). Lime anthracnose. En L. Timmer, S. Garnsey & J. Graham (Eds.). *Compendium of citrus diseases* (2.ª ed., pp. 22-23). St. Paul, EE. UU.: APS.

Timmer, L., & Brown, G. (2000). Biology and control of anthracnose diseases of citrus. En D. Prusky, S. Freeman & M. Dickman (Eds.). Colletotrichum: *Host Specificity, Pathology, and Host-Pathogen Interaction* (pp. 300-316). St. Paul, EE. UU.: APS.

Timmer, L., Brown, G., & Zitko, S. (1998). The role of *Colletotrichum* spp. in postharvest anthracnose of citrus and survival of *C. acutatum* on fruit. *Plant Disease*, *82*(4), 415-418.

Timmer, L., Garnsey, S., & Graham, J. (2000). *Compendium of citrus diseases* (2.ª ed.). St. Paul, EE. UU.: APS.

Timmer, L., & Menge, J. (2000). *Phytophthora* induced diseases. En L. Timmer, S. Garnsey & J. Graham (Eds.). *Compendium of citrus diseases* (2ª ed., pp. 23-24). St. Paul, EE. UU.: APS.

Timmer, L., Mondal, S., Peres, N., & Bhatia, A. (2004). Fungal diseases of fruit and foliage of citrus trees. En S. Naqvi (Ed.). *Diseases of fruits and vegetables* (Vol. I, pp. 191-227). Dordrecht, Países Bajos: Springer.

Timmer, L., & Zitko, S. (1992). Timing of fungicide applications for control of postbloom fruit drop citrus in Florida. *Plant Disease*, *76*(8), 820-823.

Timmer, L., & Zitko, S. (1993). Relationships of environmental factors and inoculum levels to the incidence of postbloom fruit drop of citrus. *Plant Disease*, *77*(5), 501-504.

Timmer, L., & Zitko, S. (1995). Evaluation of nutritional products and fungicides for control of citrus greasy spot. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, *108*, 83-87.

Tsai, J., & Liu, Y. (2000). Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on four host plants. *Journal of Economic Entomology*, *93*(6), 1721-1725.

Tsai, J., Wang, J., & Liu, Y. (2002). Seasonal abundance of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in southern Florida. *Florida Entomologist*, *85*(3), 446-451.

Vicent, A., Botella-Rocamora, P., López-Quílez, A., De la Roca, E., Bascón, J., & García-Jiménez, J. (2012). Relationships between agronomic factors and epidemics of *Phytophthora* branch canker of citrus in southwestern Spain. *European Journal of Plant Pathology, 133*(3), 577-584.

Villalba, D. (2001). *Patrones y variedades de cítricos.* Valencia, España: Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Yamamoto, P., Alves, G., & Beloti, V. (2015). Manejo e controle do huanglongbing (HLB) dos cítricos. *Investigación Agraria*, *16*(2), 69-82.

Yasenn, T., Schena, L., Nigro, F., & Ippolito, A. (2010). *Phytophthora citrophthora* is the predominant *Phytophthora* species in Syrian citrus groves. *Phytopathologia Mediterranea, 49*(2), 205-211.

Zulfiqar, M., Brlansky, R., & Timmer, L. (1996). Infection of flower and vegetative tissues of citrus by *Colletotrichum acutatum* and *C. gloeosporioides. Mycologia*, *88*(1), 121-128.

Capítulo XIII

La calidad y el manejo de la cosecha y la poscosecha de la lima ácida Tahití

María Cristina García Muñoz, Blanca Lucía Botina Azaín, Mauricio Fernando Martínez, Jairo López González y Nubia Murcia Riaño

En la labor de cosecha se consolida todo el trabajo realizado durante la etapa productiva y, por lo tanto, es la fase en la que se verán reflejadas las decisiones tomadas en el desarrollo del cultivo. A su vez, en la poscosecha se llevan a cabo las operaciones de acondicionamiento de la fruta, que tienen como fin preservar la calidad de la lima por un mayor tiempo y conferirle más valor (Brito, Cháfer, & González, 2012).

Por otra parte, también se ejecutan las actividades de transformación, que buscan incrementar la vida útil de la fruta, pero a través del procesamiento y la conversión en productos más elaborados, con vida útil y valor agregado mayores, así como otras formas de presentación, que pueden estar dirigidas a otro grupo de consumidores.

En el presente capítulo, se exponen las recomendaciones para el manejo de los frutos de lima ácida Tahití en cosecha, poscosecha y transformación, para la incorporación en el proceso productivo.

Planeación de la cosecha

Para garantizar la recolección y la calidad de la fruta es importante hacer una planeación adecuada. Con este objetivo, el primer paso es determinar cuándo se debe cosechar, o el momento óptimo de cosecha. Esta decisión depende principalmente de dos factores: el estado de desarrollo fisiológico de la fruta (figura 109) y los requisitos del mercado.

Una vez que se ha definido el día de la cosecha, se requiere planear la logística necesaria para realizar esta actividad en el menor tiempo posible, sin afectar la calidad de la fruta. A continuación, se presentan los parámetros que se deben tener en cuenta.

Foto: Mauricio Martínez

Figura 109. Frutos de lima ácida Tahití en su estado óptimo de cosecha.

Momento óptimo de cosecha

Este momento se determina básicamente por dos criterios: el mercado y el estado de desarrollo de la fruta. Las principales características que el mercado o el consumidor tienen en cuenta son el calibre o tamaño, el color, el sabor, el contenido de jugo y la firmeza.

Esta información, sumada a otros factores, como la distancia entre la finca y los centros de venta, los medios de transporte y las vías de comunicación, permiten calcular el tiempo requerido y las condiciones que debe soportar la fruta para cumplir con los requisitos del mercado y, por consiguiente, reducir los porcentajes de rechazo, mejorar los precios de venta y disminuir las pérdidas poscosecha, las cuales se han calculado entre el 12 % y el 25 % (Espinal, Martínez, & Peña, 2005).

Requisitos del mercado

Algunos de los requerimientos tienen aspectos comunes en todos los mercados, pero hay otros en los cuales difieren. Con el fin de homologar el lenguaje y facilitar las transacciones a distancia, asegurando la claridad en los parámetros utilizados, el mercado se apoya en las normas técnicas del producto.

En Colombia, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec) (1997) emitió la Norma Técnica Colombiana (NTC) 4087, México cuenta con la norma NMX-FF-077 (Dirección General de Normas, 1996), en Estados Unidos se encuentra la United States Standards for Grades of Persian (Tahiti) Limes (United States Department of Agriculture [USDA], 2016), y para referencias internacionales existe la Codex Stan 213-1999 (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2007).

Estas normas contienen factores comunes, en temas relacionados con el estado general de la fruta; el aspecto fresco; el sabor; que esté entera, firme y bien formada; que esté libre de decaimiento, rupturas de la piel, enfermedades o daños por insectos; que no tenga el olor característico de la fermentación; que no presente una humedad extraña, consecuencia de golpes, ni decoloración interna, durezas o pieles secas, ni restos de tierra, hojas o material ajeno a la fruta.

Sin embargo, también difieren en algunos aspectos, como el contenido mínimo de jugo, el cual, según la norma Codex Stan 213-1999 (FAO, 2007) debe ser de mínimo el 42 %; mientras que la FAO (Arias & Toledo, 2000) y Europa señalan como mínimo un 20 % de jugo, California entre el 28 % y el 30 % para la cosecha; y en Uruguay y Sudáfrica entre el 35 % y el 36 %, para exportar a la Unión Europea (Lado, Rodrigo, & Zacarías, 2014).

Otros requisitos específicos son la homogeneidad e intensidad del color de la cáscara. Los mercados europeos son los más exigentes en este aspecto, pues buscan frutos de un color verde intenso y uniforme, sin manchas o heridas de ningún tipo. Aunque cada norma incluye los límites o tolerancias respectivas

para cada categoría de fruta, por lo general las características específicas son acordadas entre el comprador y el vendedor.

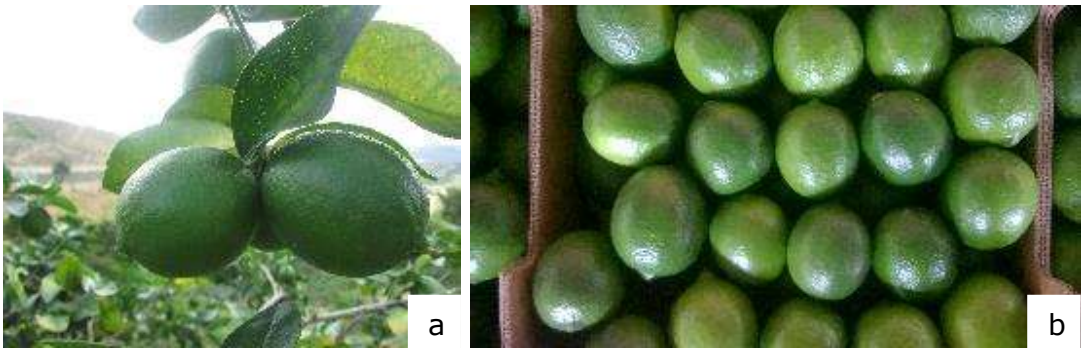
De acuerdo con las experiencias de los comercializadores y exportadores de lima ácida Tahití en Colombia, se ha podido establecer que, para el mercado interno, el contenido de jugo es el parámetro de calidad de mayor importancia, debido a que es utilizada principalmente para la preparación de refrescos. Para el mercado externo se tienen como referencia otros requisitos.

El mercado de Estados Unidos exige limas que no presenten daños causados por plagas o enfermedades, aunque se aceptan algunas excepciones, como la presencia de manchas y cicatrices, siempre y cuando no alteren la calidad sanitaria de la fruta (Martínez & Iriarte, 2004; Tejacal, Beltrán, Lugo, & Ariza, 2009).

Estas manchas y cicatrices no deben sobrepasar el 25 % del área superficial del fruto para entrar en la categoría extra y el 50 % para la categoría de primera. En cuanto al calibre (aunque este no es un requisito de calidad), se prefieren tamaños mayores a 38 mm de diámetro.

El mercado europeo es más exigente en cuanto a la apariencia de la fruta, debido a que la utilizan principalmente para coctelería. Por tal razón, buscan características como una cáscara de color verde intenso y uniforme, sin manchas de sol o sombra, ni cicatrices causadas por el roce de los frutos con hojas o ramas (figura 110).

Los frutos en los que se observa algún tipo de daño sanitario o presencia de ácaros son rechazados y, aunque se exige que estén clasificados por tamaño, el calibre no es un criterio de calidad que ocasione un rechazo (Espinal et al., 2005; Martínez & Iriarte, 2004).



Fotos: Mauricio Martínez; María Cristina García

Figura 110. Lima ácida Tahití apta para la cosecha y el mercado de exportación. a. Frutos de color homogéneo, sin manchas ni daños en la piel; b. Presentación de frutos para exportación.

Otro mercado interesante para la comercialización de la lima ácida Tahití es el de los productos orgánicos, el cual viene creciendo a nivel mundial, impulsado por el interés de los consumidores en la ingesta de productos naturales. Los comercializadores, conscientes de las dificultades de la producción de frutas orgánicas, son más laxos en los requisitos relativos a los porcentajes de daño debidos a manchas por golpe de sol y cicatrices por roce con las hojas y ramas, siempre y cuando no presenten daños por plagas o enfermedades.

Estado fisiológico y calidad de la fruta

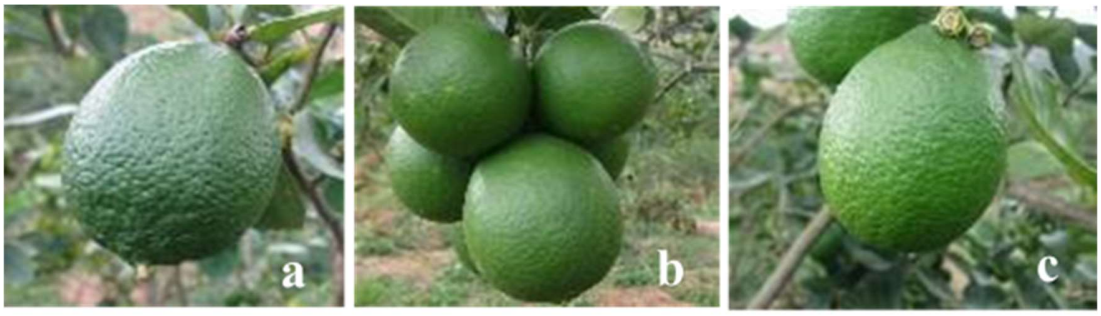
Para definir los indicadores de madurez de la cosecha de la fruta y satisfacer los requisitos del mercado, es necesario conocer su desarrollo, crecimiento y maduración. La lima ácida Tahití es un fruto no climatérico, lo que significa que no continuará madurando después de ser cosechado (Arias & Toledo, 2000; Lado et al., 2014; Reina, Vargas, & Witz, 1995). Esta condición exige que el momento de la cosecha sea muy próximo al estado de madurez requerido por el mercado.

Para exportación, se requiere una lima ácida Tahití verde oscura y con piel aún rugosa (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2015; Espinal et al., 2005; Lado et al., 2014; Tejacal et al., 2009; Unidad Técnica de Estudios para la Industria [UTEPI], 2006), mientras que para el mercado interno

las limas con tonalidades amarillas representan un estado de maduración más avanzado y un mayor contenido de jugo.

El color y el tamaño son las características más utilizadas para decidir el momento óptimo de cosecha, tanto para el mercado externo como para el interno. Sin embargo, al no haber referencias precisas para definir el color, la determinación de ese momento se dificulta (figura 111), lo que conduce a frutos con una alta variabilidad en el color y estado de madurez.

Esta falta de homogeneidad en la fruta recolectada afecta el precio en el mercado, lo cual hace necesaria la incorporación de otros criterios de madurez, como el tiempo transcurrido desde la floración o desde el cuajado del fruto, las horas luz o las unidades de calor, entre otros.



Fotos: María Cristina García

Figura 111. Frutos de lima ácida Tahití en diferentes grados de madurez, representados en las diferentes tonalidades de verde. a. Estado de madurez 0; b. Estado de madurez 1; c. Estado de madurez 2.
Nota: Grados establecidos por la NTC 4087 (Icontec, 1997).

El color y la apariencia siguen siendo los factores más importantes para el mercado externo, y por eso resulta necesario tener parámetros o patrones de referencia para determinar el color que satisfaga estos requerimientos. Aunque se cuenta con la NTC 4087, su difusión y uso entre los productores es muy limitada, por lo cual se recomienda que los cosechadores sean capacitados acerca de las características de los frutos de lima ácida Tahití que se van a cosechar, y que dispongan de tablas de color o frutos de referencia que cumplan los requisitos de calidad exigidos por el mercado.

El tamaño de los frutos es una de las cualidades más importantes para la cosecha, pero presenta una alta variabilidad, dependiendo de las condiciones edafoclimáticas, de los portainjertos y de la época de cosecha de cada uno de los huertos. García, Olmo y García (2016) reportan diámetros ecuatoriales de frutos de limas entre 49 y 56 mm, Piña et al. (2006) entre 54 y 63 mm, y López (2016) entre 40 y 70 mm.

Con el fin de mejorar los criterios de la cosecha, se recomienda tener en cuenta otros indicadores, como los días transcurridos desde la floración o desde el cuajado del fruto, así como el porcentaje de jugo. Este último parámetro depende de los requerimientos específicos de cada país.

La norma Codex Stan 213-1999 (FAO, 2007) y la norma mexicana NMX-FF-077-1996 indican que el contenido mínimo de jugo para la comercialización de la lima ácida Tahití debe ser del 42 %, mientras que la NTC 4087 (ICONTEC, 1997) establece un 27 %, a partir de un fruto verde oscuro bien desarrollado. Ladaniya (2008) reporta que en Estados Unidos el contenido de jugo debe ser de al menos el 30 %.

En Colombia, García, Botina y Calvo (2016) evaluaron frutos de limas provenientes de tres regiones del país, injertados sobre seis portainjertos, que registraron contenidos de jugo de entre el 30 % y el 46 %, lo que evidencia que las variaciones en esos contenidos se deben principalmente a las condiciones edafoclimáticas y no a los portainjertos.

Otro indicador que resulta muy útil como criterio para la cosecha es la firmeza, que está inversamente relacionada con el contenido del jugo, es decir que, a mayor contenido de jugo, la firmeza del fruto es menor. García, Botina et al. (2016) reportan valores de firmeza entre 4,1 y 7,2 kg-f, dependiendo del portainjerto y la localidad de producción.

El tiempo transcurrido desde la floración o desde el cuajado del fruto es otro de los parámetros prácticos, pero está altamente influenciado por las condiciones edafoclimáticas del lugar donde están establecidos los huertos. Algunos autores sugieren que 165 días después del cuajado es el punto adecuado de madurez para la cosecha (Milla, Arizaleta, & Díaz, 2009).

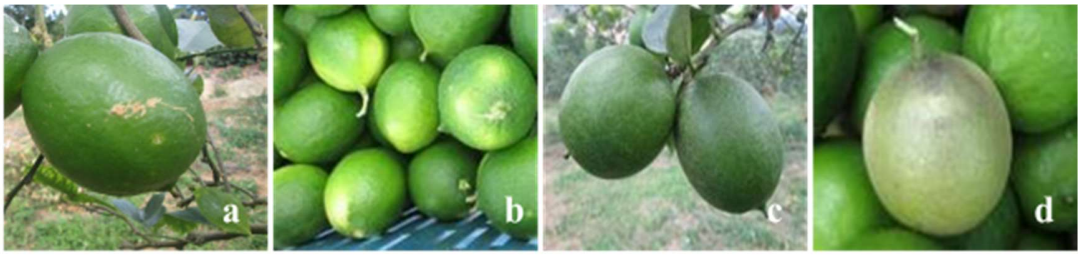
Otros autores establecen que se pueden cosechar frutos entre 120 y 165 días después de la floración (Cañizares, Bonafine, Méndez, Laverde, & Puesme, 2012), o entre 80 y 120 días después del cuajado, según López (2016). Este tiempo puede estar influenciado no solo por las condiciones edafoclimáticas sino también por el manejo del cultivo.

En cada uno de los sitios reportados, este tiempo garantiza que la fruta alcance su madurez fisiológica, y presente el color verde oscuro intenso y la piel rugosa que requiere el mercado. Sin embargo, la maduración de la fruta en el árbol no es uniforme, por lo que se pueden encontrar frutos con visos o tonalidades amarillas y sobremaduros, los cuales se deben descartar, ya que no son aceptados en los mercados internacionales (figura 112).

Foto: María Cristina García

Figura 112. Lima ácida Tahití no apta para exportación, dado su avanzado grado de madurez.
Nota: Estado de madurez 4, según la NTC 4087 (Icontec, 1997).

Los demás criterios exigidos por el mercado están relacionados con la apariencia de la fruta, la cual debe estar libre de cicatrices, cortes, magulladuras, manchas, enfermedades o plagas, como las observadas en la figura 113. Así lo estipulan la NTC 4087 (ICONTEC, 1997), el Codex Stan 213-1999 (FAO, 2007) y la NMX-FF-077-1996 (Espinal et al., 2005).



Fotos: María Cristina García

Figura 113. Principales tipos de daño en lima ácida Tahití cosechada, causantes de su rechazo en el mercado. a. Cicatrices; b. Golpe de sol; c. Ácaros; d. Otros daños.

Estos daños pueden constituir un alto porcentaje de pérdidas, representadas en un castigo en los precios o, en el peor de los casos, la pérdida total de la fruta. Por lo tanto, es importante identificar las causas de estas pérdidas para poder superarlas.

Las causas pueden tener diferentes orígenes, como factores de la precosecha o técnicas inapropiadas de cosecha y poscosecha (acondicionamiento, almacenamiento y transporte) (Arias & Toledo, 2000; Espinal et al., 2005; Ministry of Fisheries, Crops and Livestock [MINFCL], New Guyana Marketing Corporation [NGMC], & National Agricultural Research Institute [NARI], 2004; Pérez, 2010; Reina, Vargas, & Witz, 1995; Rivera et al., 2010; Tejacal, et al., 2009).

Factores de la precosecha que afectan la calidad de la fruta

Entre los factores más importantes de la precosecha que afectan la calidad de la fruta se encuentran las condiciones edafoclimáticas. Posiblemente, la más significativa de ellas es la temperatura, pero la humedad relativa, la luminosidad, la precipitación, el tipo de portainjerto y el manejo cultural (podas y fertilización) también son importantes para la calidad (Cañizares et al., 2012; DANE, 2015; Dorado, Grajales, & Ríos, 2015; Martínez & Iriarte, 2004; Milla et al., 2009; Pérez, 2010; Rivera et al., 2010).

La temperatura tiene una gran incidencia en la velocidad de las diferentes reacciones de los procesos químicos y biológicos que conducen al crecimiento, desarrollo y maduración del fruto. Las temperaturas altas favorecen el rápido desarrollo de los frutos, por lo que alcanzan un tamaño, contenido de jugo, acidez y aromas mayores en un tiempo más corto. No obstante, también implican una mayor sensibilidad de los frutos al deterioro que los cultivados en zonas templadas (Fischer & Orduz-Rodríguez, 2012).

Por lo anterior, en zonas cálidas, el cultivo requiere una mayor atención en los periodos de desarrollo del fruto, para identificar el momento adecuado de cosecha, pues la madurez se alcanza más rápido y, si se cosecha en estados avanzados, el fruto es más sensible a la pudrición estilar, lo cual dificulta la comercialización. Así mismo, si en zonas de temperaturas altas hay periodos prolongados de déficit hídrico, los frutos se pueden caer o no tener un buen desarrollo, lo que incrementa las pérdidas.

La temperatura ejerce un efecto determinante en la vida útil de la fruta en poscosecha: por cada 10 °C de aumento de la temperatura, la velocidad de deterioro se duplica o triplica, debido al incremento de la tasa de respiración y transpiración. La primera implica el rápido consumo de las reservas de azúcares y ácidos, mientras que la segunda conduce a la deshidratación de la fruta.

Se ha establecido que, en climas tropicales con pequeñas variaciones de temperatura a lo largo del día y la noche, se obtienen frutos más grandes, con un mayor contenido de jugo y uno menor de sólidos solubles y acidez, y una piel más verde y fina que aquellos obtenidos en zonas subtropicales (Senthelas, 2005).

Las fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche pueden ocasionar el deterioro de la clorofila y favorecer la aparición de carotenoides, lo que afecta la homogeneidad de la intensidad y la tonalidad del color de la lima ácida Tahití.

Las horas luz tienen un efecto en la elaboración de carbohidratos, en especial de azúcares, por lo cual el contenido de sólidos solubles se ve favorecido con la alta luminosidad. Lo mismo sucede con la vitamina C: los frutos ubicados en la parte

externa de la copa de los árboles presentan un mayor contenido de sólidos solubles y de vitamina C que los que se encuentran en la parte baja.

Por otro lado, el color del fruto también se ve afectado por la luminosidad, que logra un color intenso y brillante cuando es alta (Lozano, 1996), mientras que la baja luminosidad induce frutos amarillos, de menor firmeza y con una mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades (Rodríguez, 2002) (figura 114).

Fotos: María Cristina García

Figura 114. Aspecto de lima ácida Tahití con baja luminosidad en etapas tempranas de su maduración.

El viento es otro factor que afecta la calidad del fruto. Cuando tiene una velocidad mayor a 20 km/h, causa daño a las hojas y se presentan roces de los frutos con las ramas, lo que provoca la formación de marcas o cicatrices, que disminuyen su calidad. El viento también disemina microorganismos o artrópodos plaga, que pueden reducir la producción y dañar la fruta y, por lo tanto, aminorar su valor comercial (figura 115).

En zonas de alta humedad relativa, el viento ejerce una tarea importante, al retirar del fruto la humedad residual proveniente de la lluvia o del rocío de la mañana. Sin embargo, debido al daño cosmético que ocasiona en la fruta, se debe evitar establecer los huertos en zonas con fuertes vientos, y se recomienda la utilización de barreras rompevientos.

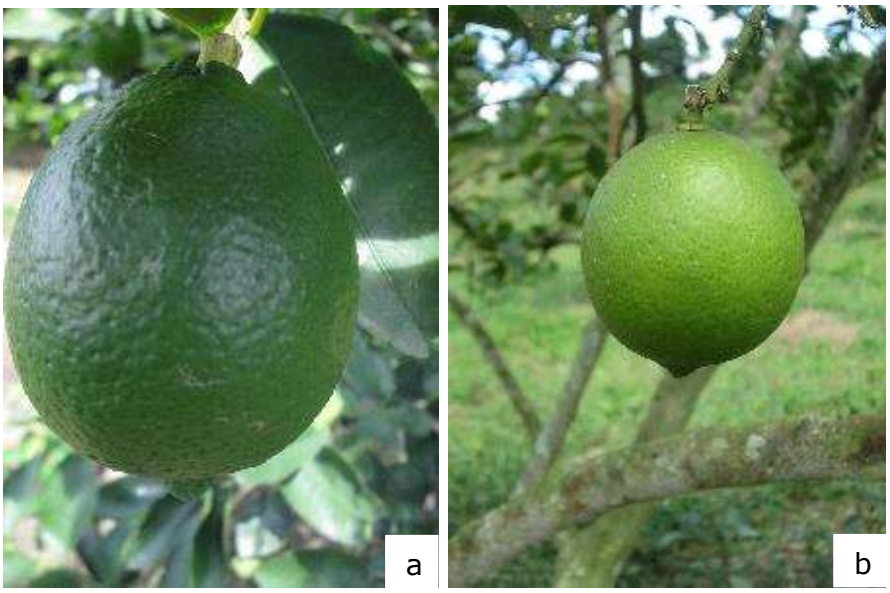
Fotos: María Cristina García

Figura 115. Daños en frutos de lima ácida Tahití. a. Espina causando una herida a la fruta; b. Cicatrices ocasionadas por el roce con las hojas y las ramas; c. Heridas producidas por el roce, que favorecen la entrada de microorganismos y humedad.

Por otro lado, el déficit hídrico afecta la floración, aumenta la tasa de absición en flores y frutos, disminuye la producción e induce la maduración anticipada de los frutos. Además, influye en la formación de frutos pequeños y con bajo contenido de jugo (Dorado et al., 2015).

Para evitar el deterioro de la calidad de la lima ácida Tahití por estrés hídrico, se recomienda realizar aportes continuos de agua. Durante el llenado y la maduración, un déficit hídrico moderado puede ser conveniente para propiciar cambios internos en la calidad de la fruta, aumentando el contenido de sólidos solubles y algunos ácidos (Peng & Rabe, 1998).

A su vez, la humedad relativa baja está relacionada con un bajo contenido de aceite en la piel de la lima, y formas largas y ovaladas de los frutos (Lozano, 1996). En contraste, la humedad relativa alta propicia la presencia de hongos y se asocia con frutos de formas redondeadas, con corteza delgada y un color verde pálido. Además, en combinación con temperaturas altas, favorece el desarrollo de frutos de mayor tamaño (figura 116).



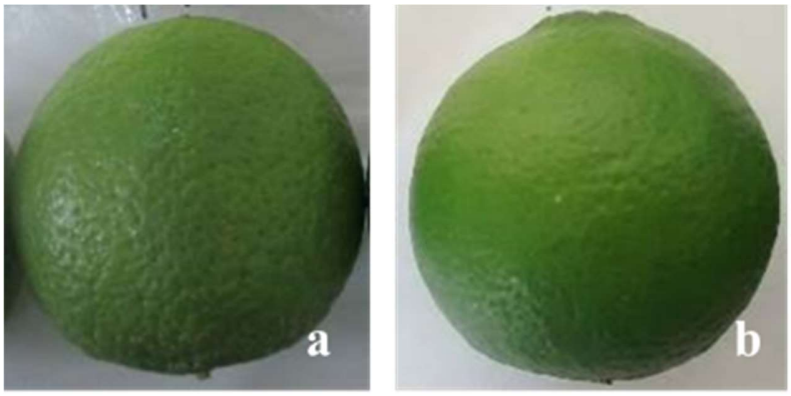
Fotos: María Cristina García

Figura 116. Efecto de la humedad relativa en la forma de los frutos de lima ácida Tahití. a. Forma ovalada causada por una humedad relativa baja; b. Forma esférica con degradación del color verde, ocasionadas por una humedad relativa alta.

Por otro lado, las características de los suelos también tienen efectos en la calidad del fruto, y están relacionados con los contenidos de humedad del suelo y el tipo de portainjerto utilizado. Por ejemplo, en suelos arcillosos, se producen frutos pequeños, de piel gruesa y rugosa, con un menor contenido de jugo y de sólidos solubles, que se catalogan de maduración tardía (figura 117a).

Sin embargo, tienen ventajas, como el hecho de que son más resistentes al daño mecánico causado por impactos, abrasión o cortadas, entre otros factores, que los hacen más fáciles de manipular y acondicionar (Quiroga, Hernández, Silva, & Orduz-Rodríguez, 2010).

Por otra parte, los suelos arenosos presentan condiciones que contribuyen a una mayor rapidez de maduración o precocidad. Así mismo, por lo general, los frutos producidos en estos suelos tienen tamaño y contenidos de jugo y de sólidos solubles mayores, pero una piel más delgada y lisa (figura 117b), que los hace más susceptibles a los daños. Esto exige tener más cuidado durante su cosecha, transporte y acondicionamiento (Quiroga et al., 2010).



Fotos: María Cristina García

Figura 117. Efecto de las características del suelo en la calidad de los frutos de lima ácida Tahití. a. Cáscara gruesa y rugosa; b. Cáscara lisa y fina.

Manejo cultural

Diversos estudios han reportado el efecto de las diferentes prácticas de manejo de los huertos en la calidad de la fruta de lima ácida Tahití. A continuación, se explican algunas de ellas.

La fertilización es quizá la práctica de mayor importancia en la producción de frutos de lima ácida Tahití de buena calidad, ya que, en contenidos apropiados, los fertilizantes tienen un efecto positivo en algunas características determinantes para el desarrollo de frutos con la calidad exigida por los diferentes mercados.

Entre estos fertilizantes se encuentra el nitrógeno (N). Cuando hay bajas concentraciones de este elemento, se retrasa la maduración, se afecta el rendimiento, y aumentan la susceptibilidad a enfermedades y la formación de frutos rajados. Del mismo modo, aunque favorecen el incremento del contenido de aceite, se reduce el contenido de ácido ascórbico (Lozano, 1996; Rodríguez, 2002; Yara, 2019b).

Por otra parte, su exceso conlleva la reducción del tamaño de los frutos y de su contenido de jugo, el aumento del espesor de la cáscara y de manchas en la piel (Tejacal, Lugo, & Valdez, 2013), y, en términos generales, un menor tiempo de

vida útil, aunque implica una acidez y un contenido de sólidos solubles totales (SST) mayores (Landaniya, 2008).

Con respecto al potasio (K), un bajo contenido conduce a la producción de frutos pequeños, con piel suave, fina y de buen color (Lado, Gambetta, & Zacarías, 2018); mientras que su exceso favorece el aumento del tamaño de los frutos y el contenido de jugo, pero retarda la maduración (Lozano, 1996).

La adición de calcio (Ca) a la planta contribuye al aumento en el tamaño de los frutos (Agustí, 2010; Figueroa et al., 2012; Palacios, 2005), ya que retarda la respiración celular y favorece el mantenimiento de la firmeza por más tiempo (Hussain, Meena, Dar, & Wani, 2012). En general, en muchas frutas el Ca ha sido asociado con una mayor resistencia al daño mecánico y, por ende, una vida útil más extensa.

En el caso del cobre (Cu), algunas investigaciones en tangerinas en India han mostrado que este elemento reduce la acidez, al aumentar la relación entre SST y acidez, pero puede retrasar la maduración de los frutos (Yara, 2019a). De acuerdo con estudios realizados en naranja dulce en Pakistán y en mandarina Dancy en India, el boro (B), el hierro (Fe), el manganeso (Mn) y el zinc (Zn) aumentan los SST, mientras que el molibdeno (Mo) los reduce.

El hierro también favorece el incremento de azúcares en los frutos, según ensayos realizados en naranja Washington Navel y mandarina Balady (Yara, 2019a); mientras que, de acuerdo con Lozano (1996), su escasez produce frutas pequeñas y endurecidas.

Estudios realizados en mandarina y naranja, citados por Yara (2019a), han mostrado que la disponibilidad de elementos menores, como B, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn, favorece el contenido de ácido ascórbico. El déficit de fósforo (P) provoca la piel gruesa y la caída prematura de la fruta, mientras que su exceso acelera levemente la madurez.

En cuanto a la poda, se trata de una práctica que beneficia la cantidad y la calidad de los frutos de lima ácida Tahití. La poda de aclareo facilita la entrada de luz y la ventilación en el interior de la copa, que favorecen el color verde intenso y brillante de la cáscara de los frutos. Cuando no se realiza, se forman copas densas y cerradas, que aumentan la acumulación de humedad y fomentan el daño causado por hongos (figura 118).

Fotos: María Cristina García

Figura 118. Daños en frutos de lima ácida Tahití, causados principalmente por hongos (Colletotrichum spp.). a. Daño leve; b. Daño avanzado.

La poda depende de la forma de la copa, que se ve influenciada por las condiciones edafoclimáticas de la región donde están establecidos los huertos y por el tipo de portainjerto utilizado, como se expone en el capítulo VIII.

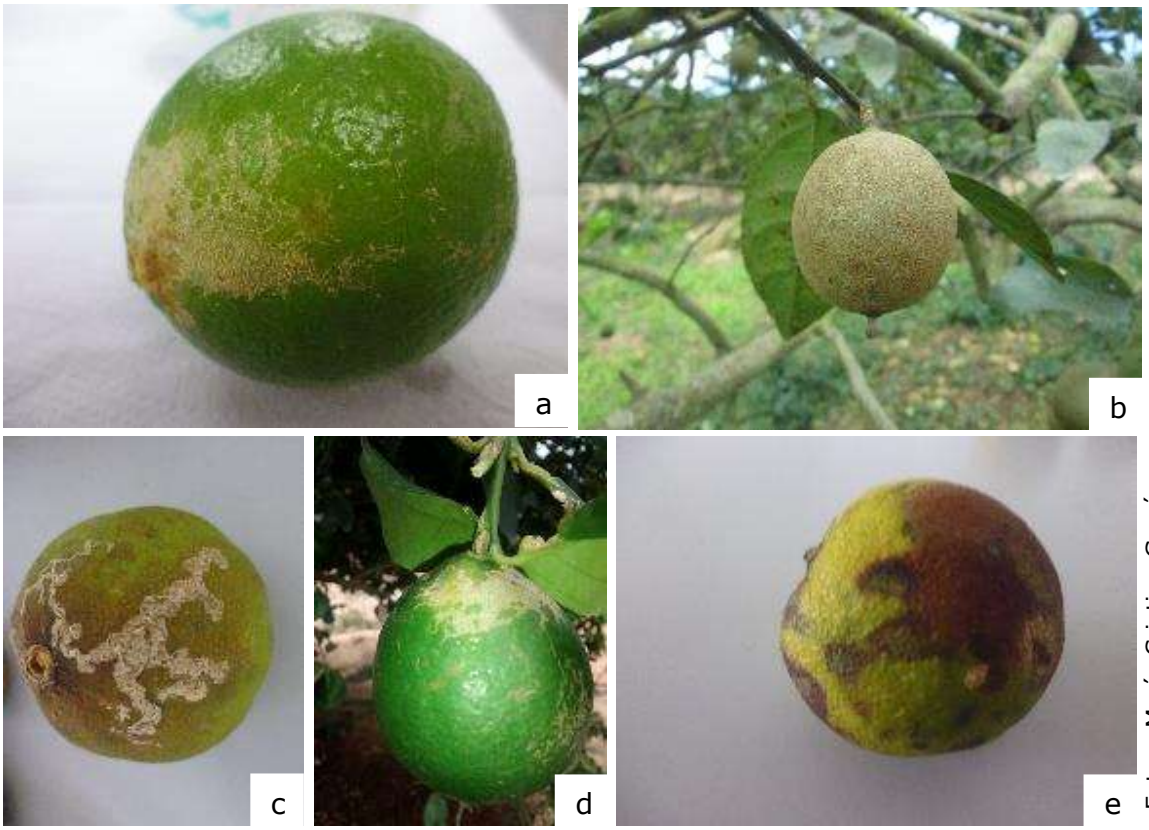
Manejo fitosanitario

Este aspecto es uno de los más importantes para obtener fruta de buena calidad, pues, si no se hace un control adecuado de los daños causados por agentes biológicos, puede haber grandes pérdidas económicas.

Los frutos de lima ácida Tahití son atacados por los ácaros blanco (*Polyphagotarsonemus latus*) y tostador (*Phyllocoptruta oleivora*), siendo el primero el de mayor impacto, ya que se presenta en los estados iniciales e intermedios de desarrollo del fruto, y puede llegar a afectar hasta el 52 % de la producción (Álvarez, 2017).

Esta especie también sufre enfermedades fungosas como la antracnosis (*Colletotrichum* spp), que se ve favorecida cuando el desarrollo de los frutos coincide con épocas de alta humedad relativa causada por precipitaciones o por un microclima creado por un exceso de follaje.

En la figura 119 se muestran algunos daños en frutos, ocasionados por agentes biológicos, que deterioran su apariencia y los descalifican para la exportación. En los capítulos X, XI y XII se plantean análisis más detallados de las diferentes plagas y enfermedades que afectan el cultivo y la calidad de la lima ácida Tahití.

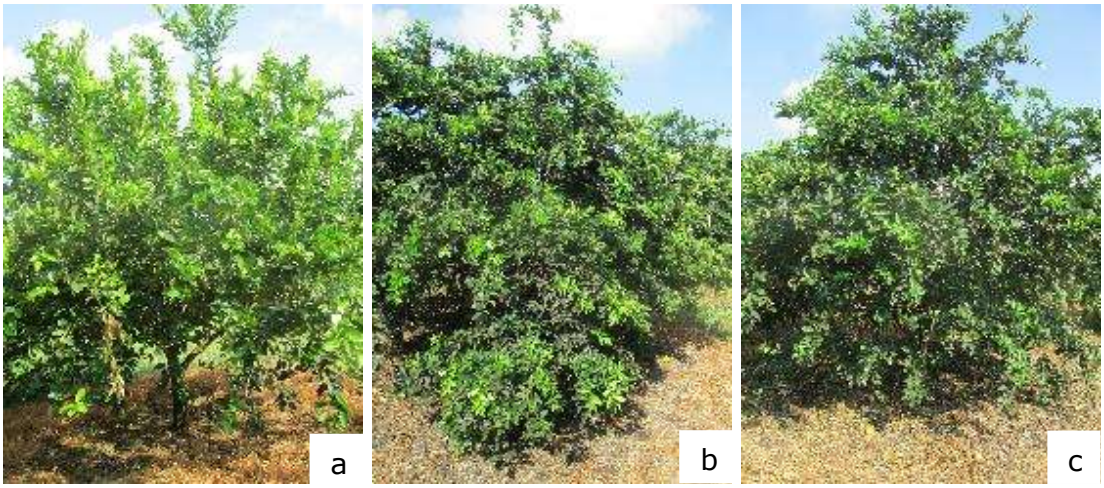


Fotos: María Cristina García

Figura 119. Pérdidas de lima ácida Tahití causadas por daños de ataques de agentes biológicos. a. Daño por ácaro blanco; b. Daño por ácaro tostador; c. Daño por ácaro minador; d. Daño por trips; e. Pudrición marrón ocasionada por diferentes hongos.

Algunos estudios indican que los portainjertos o patrones ejercen mayor influencia en la arquitectura del árbol que en las características de calidad del fruto (Curti-Díaz, Hernández, Xochitl, & Loredo-Salazar, 2012; García, Botina et al., 2016; Milla et al., 2009). Se busca que el portainjerto utilizado induzca un vigor superior, y mayores tolerancia o resistencia a algunas enfermedades, y que contribuya a la calidad del fruto.

Entre los portainjertos más comunes utilizados en Colombia para la producción de lima ácida Tahití se encuentran Citrumelo CPB 4475, Citrange Carrizo, mandarina Cleopatra, Kryder 15-3, Sunky × English y limón Volkameriana (figura 120).



Fotos: María Cristina García

Figura 120. Diferencias de las arquitecturas de los árboles de lima ácida Tahití según sus portainjertos. a. Cleopatra; b. Citrange Carrizo; c. Sunky × English.

En estudios realizados en Colombia, en frutos de lima ácida Tahití provenientes de seis portainjertos y de tres regiones del país, no se encontraron diferencias significativas entre algunos de los parámetros de calidad de la lima causadas por los portainjertos (figura 121), pero sí relacionadas con las regiones productoras evaluadas (García, Botina et al., 2016).

En el municipio de Lebrija, Santander (Colombia), se encontraron diferencias en las características físicas, posiblemente originadas por el portainjerto. La lima ácida Tahití injertada sobre Cleopatra mostró un color verde oscuro, apropiado para exportación, pero el alto porte del árbol y su densa copa dificultan las tareas de cosecha, en las que se pueden ocasionar daños mecánicos que demeritan su calidad rápidamente y reducen su valor.

Sobre los portainjertos Kryder 15-3, Citrange Carrizo y Volkameriana en el mismo municipio, los frutos de lima ácida Tahití presentan un buen desarrollo y calidad de fruta, entendiendo esta última como un buen balance de sus características de color, tamaño, ausencia de daños, firmeza, contenido de jugo, SST, acidez y pH.

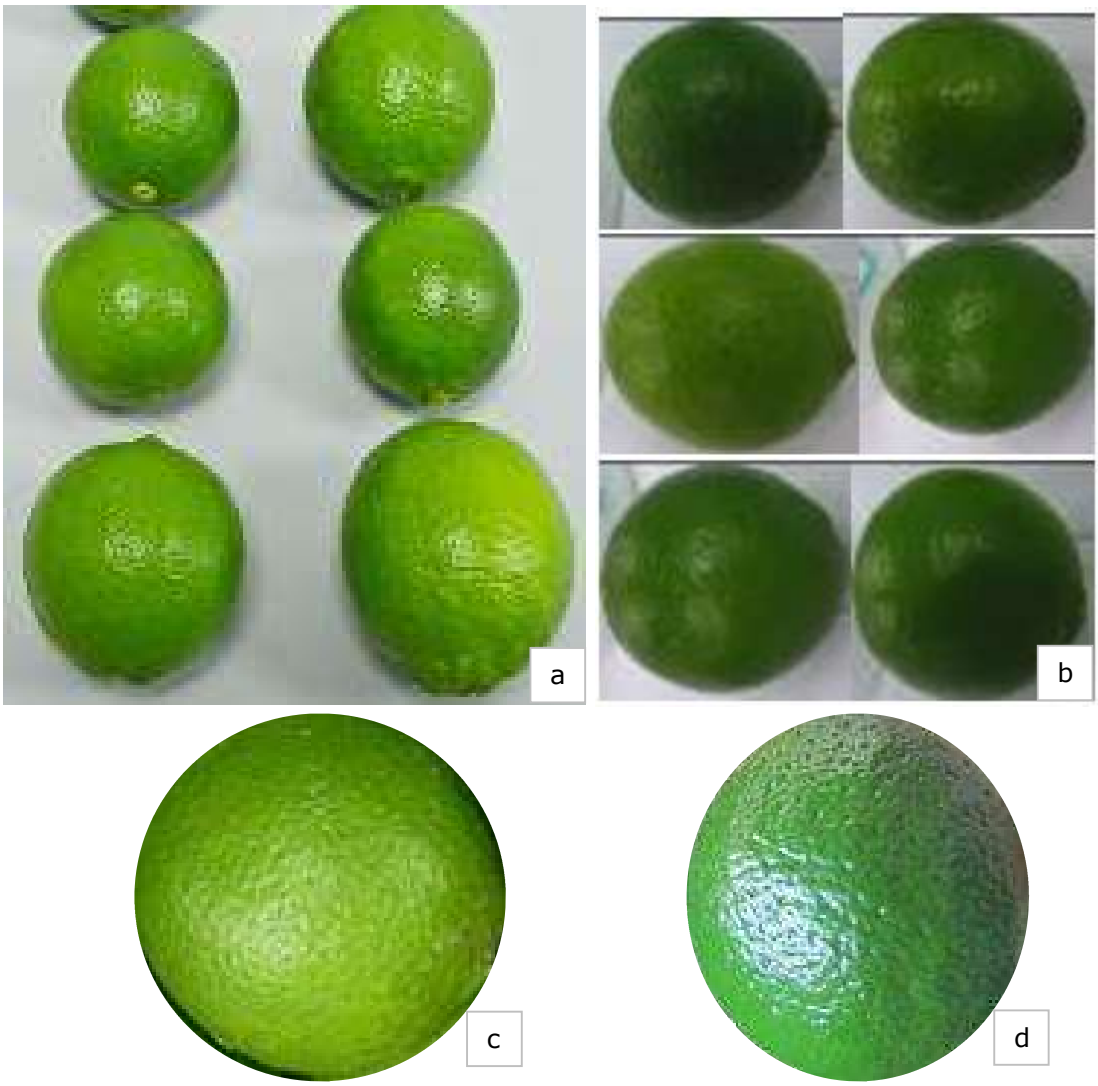
En El Espinal (CI Nataima), los portainjertos Kryder y Citrumelo CPB 4475 mostraron los mejores resultados; mientras que en Villavicencio (CI La Libertad), Volkameriana, Citrumelo CPB 4475 y Cleopatra presentaron buenos desarrollo y calidad de fruta (García, Botina et al., 2016).

Fotos: María Cristina García

Figura 121. Frutos de lima ácida Tahití proveniente de El Espinal, sobre dos portainjertos diferentes. a. Citrumelo CPB 4475; b. Volkameriana.

Las condiciones edafoclimáticas ejercen un mayor efecto en los parámetros de calidad que el portainjerto, como se observa en la figura 121. El color de la lima ácida Tahití proveniente de El Espinal, sobre el portainjerto Kryder, es un color más claro que el de aquella producida en Lebrija (figura 122a y 122b).

Un comportamiento similar ocurre con la lima ácida Tahití sobre el portainjerto Volkameriana: la cultivada en El Espinal tiene un color más claro que el de la proveniente de Lebrija (122c y 122d) (García, Botina et al., 2016).



Fotos: María Cristina García

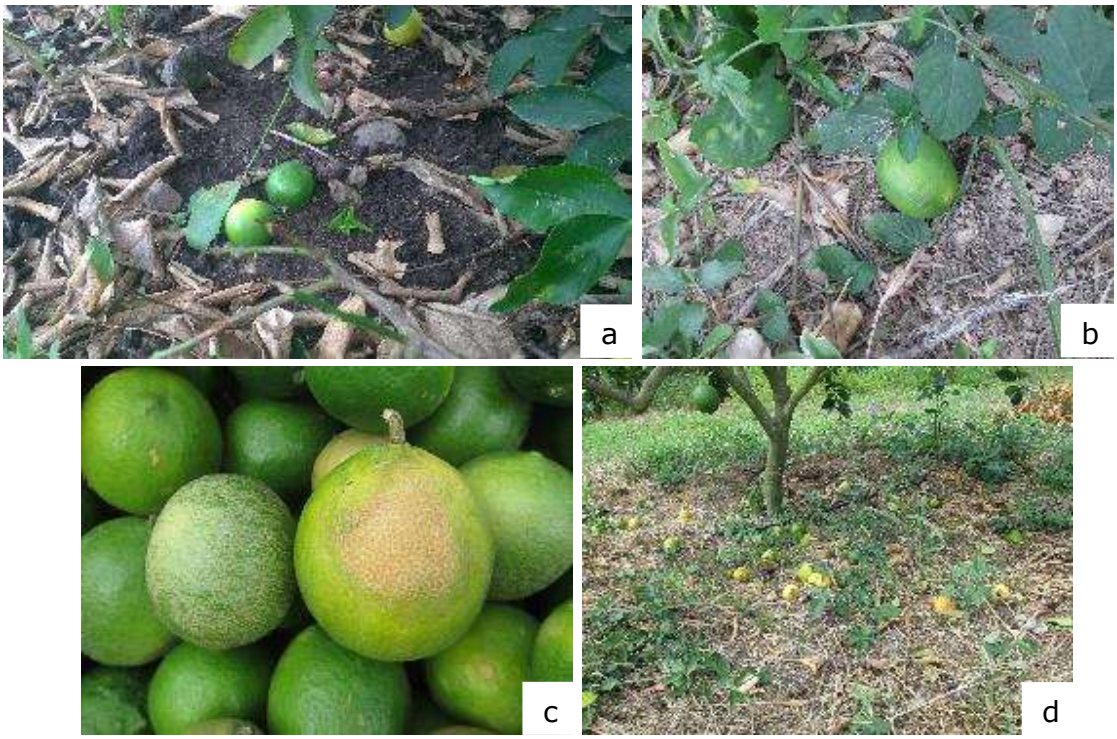
Figura 122. Efecto de las condiciones edafoclimáticas en el color del fruto de lima ácida Tahití en dos portainjertos y proveniente dos municipios. a. Kryder en El Espinal; b. Kryder en Lebrija; c. Volkameriana en El Espinal; d. Volkameriana en Lebrija.

La arquitectura de los árboles se ve reflejada principalmente en su altura, diámetro y volumen de copa (figura 123a). Estos parámetros pueden influir indirectamente en la calidad de los frutos, y pocas veces se tienen en cuenta cuando se evalúan los motivos de las pérdidas en cosecha y poscosecha (Curti-Díaz et al., 2012; Milla et al., 2009). Los árboles de porte bajo facilitan la cosecha y reducen las causas de daño durante estas etapas (figura 123b).

Fotos: María Cristina García

Figura 123. Portainjertos de lima ácida Tahití con arquitecturas diferentes. a. Árboles altos con copas de gran volumen; b. Árboles bajos con pequeño volumen de copa.

Cuando los árboles son muy altos, se utilizan varas largas con un gancho o cuchilla en el extremo para cosechar los frutos. Si no se tiene una bolsa atada al gancho para recibir la fruta, cae al suelo (figura 124), lo que le ocasiona daños mecánicos, rompimiento de las glándulas oleíferas, rápido detrimento de la calidad, reducción de la vida útil y pérdida de valor comercial.



Fotos: María Cristina García

Figura 124. Frutos de lima ácida Tahití y fuentes de contaminación en campo. a. Contacto directo con el suelo húmedo; b. Contacto con material orgánico; c. Frutos con daños mecánicos; d. Frutos abandonados en el suelo, que se convierten en fuente de contaminación y dispersión de enfermedades.

Cuando las copas son muy densas y frondosas (alto volumen), y cerradas (diámetro pequeño) limitan la entrada de luz. El efecto de sombra que producen las ramas y las hojas afecta el color de los frutos, causando zonas claras o pálidas, que ocasionan el castigo en el precio o el rechazo en mercados de exportación, cuando superan el 25 % de la superficie del fruto. Este tipo de daño también es provocado por racimos que tienen un gran número de frutos (figuras 125a, 125b y 125c).

Fotos: María Cristina García; Mauricio Martínez

Figura 125. Efecto de las copas densas en la apariencia externa de frutos de lima ácida Tahití. a. Color pálido generalizado; b. Manchas por golpe de hoja o de sombra; c. Manchas ocasionadas por racimos con un gran número de frutos.

Las copas densas también favorecen el daño, por el roce del fruto con las ramas o con las espinas de la planta, y dificultan la inspección de los frutos, por lo cual es posible que se cosechen aquellos que no han alcanzado el grado de madurez adecuado o que presentan algún tipo de daño (figura 126).

Fotos: María Cristina García

Figura 126. Daños mecánicos en frutos de lima ácida Tahití por diversas causas. a. Cercanía de espinas al fruto; b. Daño ocasionado por las ramas o las espinas; c. Fruto con un alto porcentaje de amarillamiento o ausencia de verde en su superficie.

En resumen, de manera indirecta, el patrón ejerce influencia en la calidad del fruto en factores relacionados con la apariencia, más que en sus características fisicoquímicas. Esta influencia se debe especialmente a la arquitectura que le otorga al árbol. En estudios realizados por García, Botina et al. (2016), se encontró que el portainjerto Citrumelo Swingle induce la formación de plantas de porte alto y con un mayor volumen de copa.

Por otro lado, aunque Volkameriana es posiblemente el portainjerto más utilizado en Colombia para lima ácida Tahití, debido a su precocidad y producción, la calidad de fruta que desarrolla no es la mejor, por su color verde pálido. Por su parte, Sunky × English induce un porte medio y buena producción, pero con un tamaño de fruto pequeño.

A su vez, Citrange Carrizo tiene un rápido desarrollo, uniformidad en el tamaño de los frutos y acidez. En lo que respecta a Cleopatra, induce porte y copa altos, un excelente color, pero una baja producción. Finalmente, Kryder es de porte medio, con una producción media y, aunque sus frutos no tienen la suficiente calidad para exportación, ofrece los más uniformes en calidad, tanto en El Espinal como en Lebrija.

Recomendaciones para el alistamiento de la cosecha

Una vez que se han determinado los requisitos del mercado, se debe visitar el lote para estimar la cantidad de frutos de lima ácida Tahití que cumplen con esas condiciones y, con base en esa información, planificar la cosecha.

El objetivo de esta planificación es reducir los riesgos de daño de la fruta y aumentar su vida útil. Después de establecer el contacto con el mercado, se pueden definir el volumen, las condiciones de calidad (madurez, tamaño, apariencia y sanidad, entre otras) y la presentación (capacidad y tipo de material de empaque) que se requieren. Con estos datos se visita el lote, para estimar el volumen de fruta que cumple los requisitos del mercado.

Más adelante, teniendo en cuenta la distancia del sitio de venta, la hora de entrega, el estado de las vías y la disponibilidad de transporte, se calcula la cantidad de trabajadores requeridos para la cosecha.

Previamente, se debe disponer de la cantidad de implementos, herramientas e insumos necesarios, y acondicionar las instalaciones de acopio como sitios temporales en el lote y puntos de despacho, para lograr una cosecha eficiente.

Alistamiento de personal

Luego de determinar la cantidad de personal necesario, se le instruye sobre las características de la fruta que se va a cosechar, la manera o metodología para hacerlo y la importancia de seguir las recomendaciones de las buenas prácticas agrícolas o de manufactura (MINFCL et al., 2004).

Alistamiento de implementos de cosecha

Los trabajadores deben usar guantes, para protegerse de las espinas del árbol, gafas de seguridad, para evitar el contacto de las ramas con los ojos, y gorra, para impedir la contaminación de la fruta con cabello o sudor, y para protegerse del sol (figura 127).

Fotos: María Cristina García

Figura 127. Implementos de protección personal para la cosecha de lima ácida Tahití. a. Botas; b. Guantes; c. Gorra.

Alistamiento de herramientas

Entre las herramientas requeridas se encuentran las tijeras, que no son de uso común en la cosecha de lima en Colombia, pero la experiencia de otros países como España demuestra las ventajas de su uso.

Deben estar en buen estado y desinfectarse periódicamente a lo largo de la cosecha, con el fin de evitar la dispersión de enfermedades, en caso de que se presenten. Con este objetivo, se puede alistar un recipiente con una solución a base de yodo, hipoclorito o amonio cuaternario, para su uso continuo durante la cosecha (figura 128).

Figura 128. Alistamiento de herramientas de cosecha. a. Tijeras ergonómicas para cosecha de cítricos; b. Insumos para la desinfección de tijeras.
Fuente: Pfenagri (s.f.) y Croper (s.f.)

La selección de las tijeras adecuadas para la cosecha permite reducir daños mecánicos en las frutas. Como se observa en la figura 129a, las tijeras de punta pueden generar daños o pinchazos en la fruta, que favorecen la entrada de microorganismos patógenos. En el mercado se consiguen tijeras especialmente diseñadas para esta tarea (figura 129b), con la punta redondeada y la cuchilla curvada, lo cual evita pinchar la fruta, además de cuchillas de acero al carbono, para mantener el filo por un mayor tiempo.

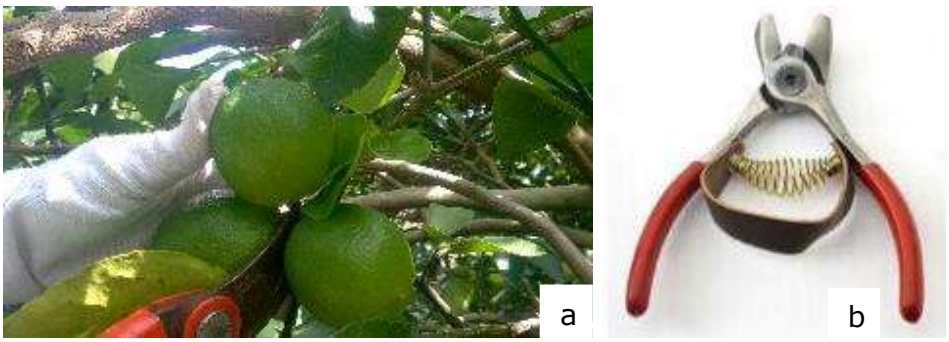


Foto: María Cristina García

Figura 129. Herramientas utilizadas en la cosecha de cítricos. a. Tijeras de punta fina (inadecuadas); b. Tijeras con punta redondeada.
Fuente: Pfenagri. (s.f.)

Alistamiento de recipientes de cosecha

Otro elemento importante para garantizar la calidad de la lima ácida Tahití recolectada es el recipiente de cosecha. Se recomienda el uso de canastillas plásticas, porque protegen la fruta del daño mecánico, son fáciles de apilar y transportar (figura 130a), permiten la ventilación, y tienen una capacidad máxima de 20 a 22 kg, que, dada la profundidad de estas cajas, la lima ácida Tahití puede soportar sin sufrir daños por compresión (figura 130b).

Las canastillas se deben lavar y, preferiblemente, desinfectar con una solución a base de hipoclorito, para evitar la contaminación de la fruta con partículas de suelo o estructuras reproductivas de hongos que hayan podido quedar de cosechas anteriores o que se encuentren como contaminantes en el lugar de almacenamiento (figura 130c).

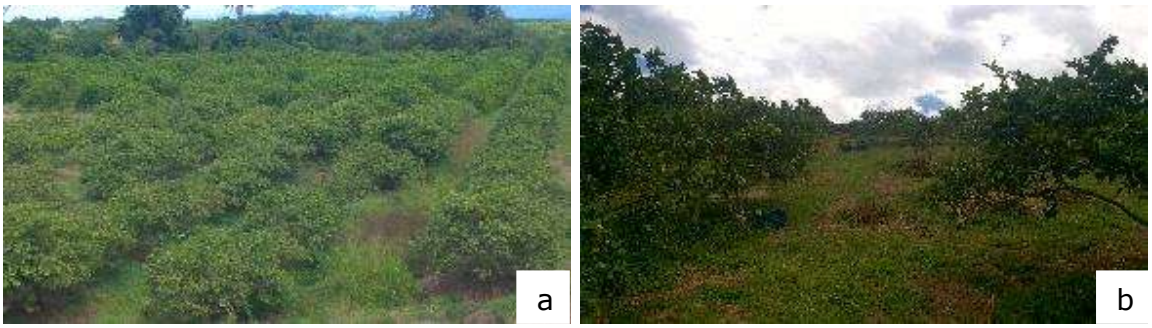
Los recipientes deben estar en perfecto estado, completos y limpios, para evitar grietas que puedan ocasionar heridas a los frutos (figura 130d y 130e). Cuando todas las herramientas y elementos de trabajo están listos, los operarios se desplazan a los lotes que se van a cosechar (figura 130f).

Fotos: María Cristina García

Figura 130. Alistamiento de canastillas para la cosecha de lima ácida Tahití. a. Cantidad necesaria; b. Canastilla limpia y desinfectada; c. Canastilla sucia; d. Canastilla con grietas; e. Canastilla rota; f. Transporte de canastillas al punto de acopio en el lote.

Alistamiento del lote

Se debe asegurar que el lote se encuentre libre de obstáculos que puedan causar caídas o demoras en la recolección, como recipientes de agroquímicos, canecas, herramientas o mangueras, entre otros. El manejo de arvenses también es importante en la eficiencia del proceso de cosecha, pues las arvenses altas hacen más difícil el desplazamiento a través del lote, ocasionando demoras en esta labor (figura 131).



Fotos: María Cristina García

Figura 131. Lotes de lima ácida Tahití. a. Con arvenses altas; b. Limpio, sin obstáculos y con control de arvenses.

Alistamiento de los puntos de almacenamiento

De acuerdo con el tamaño del huerto, es necesario tener varios puntos de acopio temporal y puntos de mayor capacidad de acopio en la finca. Deben contar con piso o estibas, con el fin de evitar que la fruta tenga contacto con el suelo y las fuentes de contaminación; techo, para protegerla de los rayos directos del sol y la lluvia, y paredes, para aislarla y evitar la entrada de animales. En la figura 132 se observan diferentes condiciones de acopio en la finca, que afectan la sanidad y la calidad de la fruta cosechada.

Fotos: María Cristina García

Figura 132. Puntos de acopio y fuentes de contaminación de lima ácida Tahití en campo. a. Exposición directa de la fruta a condiciones de sol o lluvia; b. Presencia de animales en puntos temporales de acopio; c. Fruta recolectada en canastilla, en contacto directo con el suelo y malezas.

Alistamiento del transporte

Es común que para el transporte de la fruta hacia el mercado se utilicen vehículos que no tienen las condiciones adecuadas para su protección (figura 133). Con el fin de evitar tiempos prolongados de exposición de la fruta al sol, o a otras condiciones climáticas que pueden deteriorar el producto, se recomienda acordar con anticipación la hora de recogida y entrega de la fruta.

También resulta indispensable usar estibas, y evitar el transporte a granel o en conjunto con otras frutas que liberen etileno y aceleren la aparición del color amarillo, condición que reduce su valor comercial.

Fotos: María Cristina García

Figura 133. Vehículos utilizados comúnmente para el transporte de la fruta hacia el mercado. a. Frutos expuestos a los elementos durante el transporte; b. Frutos expuestos antes de ser transportados.

Cosecha

El manejo adecuado de la lima contribuye a reducir al máximo las causas de daño durante la cosecha. Aunque existen diferentes factores precosecha que demeritan la calidad de la fruta, durante la cosecha estos daños se pueden multiplicar por un manejo incorrecto. Son básicamente de tipo mecánico, por prácticas o herramientas inapropiadas, que ocasionan daños como cortes, magulladuras, rajaduras (figura 134) o pérdida del disco basal, o por la presencia de pedúnculos muy largos, que producen daños a las frutas contiguas.

Fotos: María Cristina García

Figura 134. Daños más comunes en frutos de lima ácida Tahití, que provocan rechazo en el mercado. a. Por pinchazos; b. Por granizo; c. Por magulladuras; d. Pudrición por caída en el suelo; e. Lesiones en la corteza causadas por insectos y ácaros.

Recomendaciones

A continuación, se listan algunas recomendaciones que contribuyen al mantenimiento de la calidad de la fruta y a prolongar su vida útil.

Los frutos se deben inspeccionar, con el fin de asegurarse de que cumplen con los estándares mínimos para la comercialización, revisando la sanidad, que no presenten cortes o cicatrices, daños por plagas y enfermedades o mecánicos, o defectos en la piel, como el golpe de sol, y que tengan la forma, el color y los aromas característicos.

Esta operación se conoce como selección, y busca evitar que se mezcle fruta en buen estado con la que tiene daños, para reducir el riesgo de que se deteriore todo el lote de fruta cosechada. Dada la importancia de esta actividad, en los centros de acondicionamiento se acostumbra realizar una segunda inspección.

Por otro lado, la práctica de cosecha más utilizada para remover la lima de la planta es la flexión del pedúnculo o rabillo (figura 135). Sin embargo, puede provocar el desgarre de la rama si la fruta aún no se encuentra en su estado de madurez óptimo para la cosecha o, en muchas ocasiones, se puede retirar el disco basal de los frutos (o punto de unión del pedúnculo con el fruto), lo que facilita la entrada de plagas y enfermedades, y causa el deterioro y pérdida de los frutos.

Fotos: María Cristina García

Figura 135. Cosecha de la lima ácida Tahití. a. Con tijera; b. Sin tijera.

El uso de las tijeras permite cosechar la lima dejando pedúnculos muy cortos y uniformes, que evitan que se deteriore su presentación, así como el daño a los demás frutos, pero se requiere una serie de cuidados, como los siguientes:

- Desinfectarlas periódicamente, para evitar la propagación de enfermedades, por lo menos al finalizar la cosecha de cada árbol.
- Utilizar tijeras adecuadas, sin puntas que puedan causar punzadas u otro tipo de daños mecánicos a las limas contiguas.
- Mantenerlas bien afiladas.

Durante la cosecha se debe garantizar que la fruta mantenga el disco basal (cáliz y pedúnculo) (figura 136a), pues, si se retira, puede ser el sitio de ingreso de hongos y plagas que inician su deterioro (Curti-Díaz, Loredo-Salazar, Díaz-Zorrilla, Sandoval-Rincón, & Hernández, 2000) (figura 136b).

Fotos: María Cristina García

Figura 136. Lima ácida Tahití cosechada. a. Con disco basal y pedúnculo corto; b. Sin disco basal.

Es indispensable que la lima cosechada esté libre de residuos vegetales u otros materiales extraños que puedan dispersar enfermedades, o esconder daños por agentes biológicos o mecánicos (figura 137).

Foto: María Cristina García

Figura 137. Frutos de lima ácida Tahití con residuos de cosecha, que pueden convertirse en focos de contaminación.

La presencia de pedúnculos largos (figura 138), es una característica común en la cosecha de limas, pero deben ser eliminados, pues causan daño mecánico a los frutos contiguos, que se convierte en una puerta de entrada a enfermedades.

Fotos: María Cristina García

Figura 138. Frutos de lima ácida Tahití cosechados con pedúnculos largos, que causan heridas a otros frutos.

Por otro lado, es necesario considerar el tiempo de carencia de los insumos agrícolas, pues recoger frutos con residuos de agroquímicos pone en riesgo la salud de los consumidores (figura 139).

Fotos: María Cristina García

Figura 139. Frutos de lima ácida Tahití cosechados con residuos de agroquímicos, que no deben ser comercializados.

La fruta no debe ser arrojada a la canastilla, sino puesta en ella, para evitar impactos que posteriormente faciliten el desarrollo de enfermedades (figura 140).

Foto: María Cristina García

Figura 140. Daños mecánicos por impacto en frutos de lima ácida Tahití arrojados a la canastilla en el momento de la cosecha.

La lima no se debe cosechar húmeda (figura 141), sin importar si la humedad proviene del rocío de la mañana o de la lluvia, dado que, durante la cosecha, puede favorecer el desarrollo de hongos y provocar oscurecimiento o manchas en la piel, que causan su rechazo en el mercado.

Foto: María Cristina García

Figura 141. Frutos de lima ácida Tahití húmedos a causa de la lluvia, que no deben ser cosechados.

Cuando se cosecha con varas, es imprescindible evitar el contacto de la fruta con el suelo, porque el golpe favorece la ruptura de las células (oleocelosis) (figura 142a), la contaminación (figura 142b) y la pudrición del fruto en etapas posteriores (figura 142c).

Fotos: María Cristina García

Figura 142. Daños en frutos de lima ácida Tahití causados por impactos, que facilitan el desarrollo de enfermedades. a. Oleocelosis; b. Contaminación con el suelo; c. Pudrición del fruto.

La cosecha debe hacerse en las horas más frescas del día. Es ideal que no se lleve a cabo entre las once de la mañana y las dos de la tarde, debido a la alta temperatura que se presenta en ese periodo en las regiones productoras del país, que lleva a un rápido deterioro de la calidad y a una reducción en la vida útil.

Sin embargo, por la alta producción en los lotes y la escasez de trabajadores para la cosecha, normalmente esta práctica se extiende a lo largo del día. Por esta razón, se recomienda disponer de sitios adecuados de acopio en los lotes (figura 143).

Si no se dispone de piso de cemento, o de gravilla y estibas, se pueden destinar algunas canastillas como base, sobre las cuales se apilen las demás, con la fruta recolectada. Si el lugar no tiene paredes, se pueden utilizar polisombra o malla verde, como una alternativa para mantener la fruta alejada de los animales de la finca.

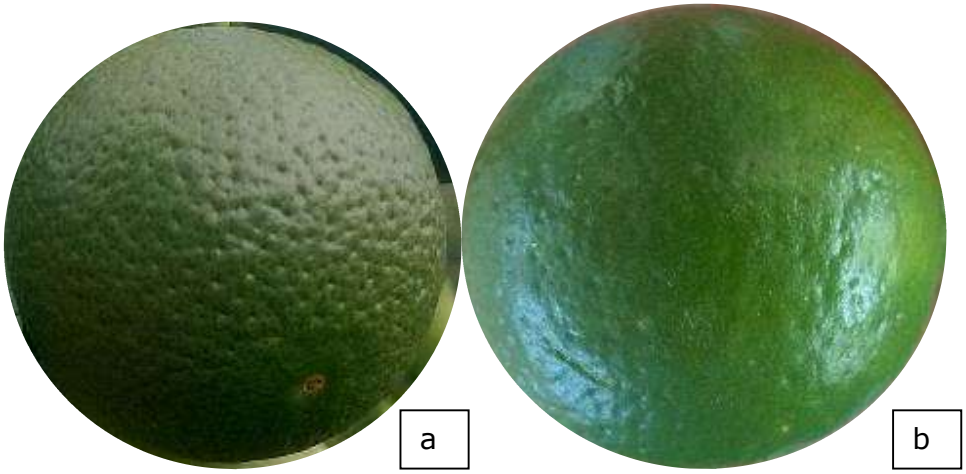
Fotos: María Cristina García

Figura 143. Puntos de acopio de fruta encontrados en las fincas. a. Sobre estibas y bajo techo; b. Con paredes y piso, bajo techo.

La fruta debe ser cosechada en un estado de madurez cercano al requerido por el mercado, con el fin de evitar rechazos o la disminución del precio. Si está dirigida al mercado nacional, puede estar cerca al estado de madurez 4, según la NTC 4087 (ICONTEC, 1997), para lograr un mayor tiempo de vida útil con un buen contenido de jugo.

Por otro lado, si está destinada al mercado externo, la fruta puede ser recogida en los grados de madurez entre 0 y 1, estados en los que el color verde es intenso, la piel no es completamente lisa, aún conserva algo de rugosidad, y es lo suficientemente gruesa para conferir mayor resistencia mecánica y soportar mejor la manipulación (figura 144). Además, en este estado, el alto contenido de acidez la protege del desarrollo de enfermedades.

En el mercado europeo se prefiere un color verde oscuro, mientras que el de Estados Unidos acepta limas de color verde intenso, aunque no necesariamente oscuro (figura 144).



Fotos: María Cristina García

Figura 144. Color y características de la lima ácida Tahití destinada a mercados internacionales. a. Europa; b. Estados Unidos.

En cuanto al calibre, en el pasado en el mercado de Estados Unidos, los frutos de la caja de 18 kg debían tener un calibre mayor a 38 mm para comercializarse. Sin embargo, desde hace algunos años se está manejando un precio diferencial por calibres. Por su parte, México exige que las limas que se recolecten para enviar al mercado de exportación tengan un diámetro superior a los 47 mm (Rodríguez, 2002).

Es importante resaltar que existe un desorden fisiológico denominado pudrición estilar, la cual se manifiesta en poscosecha, cuando los frutos están maduros o cerca de la maduración. En algunos países se reportan pérdidas de hasta el 40 % por esa causa (Rodríguez, 2002). Esta pudrición se presenta en el eje central, y se refleja en su oscurecimiento, que se extiende rápidamente hacia el resto de la lima.

Finalmente, es necesario que la canastilla con la fruta cosechada no entre en contacto con el suelo; debe disponerse sobre estibas, para evitar la contaminación con microorganismos presentes en el suelo. Cuando las canastillas se apilan, la suciedad que se ha adherido a las que se encuentran en los niveles superiores cae en las inferiores y contamina la fruta.

Para evitar esta situación, el trabajador debe cargar la canastilla todo el tiempo (figura 145ab), o puede utilizar la carretilla diseñada para el transporte de la fruta (figura 145c), que puede soportar hasta tres canastillas de 20 kg cada una. Además de facilitar y reducir el esfuerzo del trabajador, mantiene la fruta protegida del contacto con el suelo.

Fotos: María Cristina García

Figura 145. Manejo de la canastilla durante la cosecha. a. Manejo actual; b. Transporte en el lote; c. Propuesta para la cosecha y el transporte.

Manejo poscosecha

Como su nombre lo indica, esta fase inicia una vez que se ha cosechado la fruta, y se extiende hasta la entrega al consumidor final. Sus operaciones tienen como fin proteger la fruta, darle una mejor presentación y conferirle un mayor valor, lo que generalmente se conoce como acondicionamiento.

Las etapas más comunes en el proceso de acondicionamiento de cítricos son selección, limpieza, desinfección, secado, encerado, clasificación y empaque. Posteriormente, la fruta es paletizada, almacenada y transportada a los mercados de destino o a los puertos, para su embarque.

En estas actividades participan diferentes actores: el productor, responsable del manejo de la fruta antes de que salga de la finca, las empresas que la acondicionan y empacan, los transportadores, los exportadores y los comerciantes mayoristas y minoristas, y cada uno de ellos debe garantizar el manejo adecuado para contribuir con sus objetivos.

La poscosecha también requiere una planeación, con el fin de asegurar que no habrá demoras, que la fruta no estará expuesta a los diferentes factores de daño, que los trabajadores estén capacitados para manejar la fruta correctamente, que se dispone de los recipientes y los lugares adecuados para el acopio, y que el transporte será el adecuado y llegará a tiempo.

En la mayoría de los casos, se pueden identificar dos momentos en la poscosecha: el primero se inicia en la finca y el segundo ocurre cuando el producto llega al centro de acondicionamiento. A continuación, se exponen algunas recomendaciones para un desarrollo adecuado de cada una de las operaciones que conforman esta etapa, con el fin de mantener la calidad de la fruta por mayor tiempo.

Transporte al punto de acondicionamiento

Una vez que se ha cosechado la fruta, se transporta al punto de acondicionamiento, donde se realizan las demás operaciones que contribuyen a mantener la calidad y extender su vida útil. El transporte de la lima ácida Tahití debe hacerse en vehículos limpios, donde quede bien apilada y sin riesgos de caída, con una adecuada ventilación, pero protegida del sol y de la lluvia.

Es necesario evitar transportarla con otra clase de elementos, como agroquímicos o personal, que puedan contaminarla, o con otro tipo de frutas que sean incompatibles, como el banano, que emiten etileno y aceleran el cambio de color en la lima, tornándola amarilla (Jamett, 2010). El transporte debe estar programado, para evitar la exposición de la fruta a condiciones adversas por tiempos prolongados.

Recepción

Cuando la fruta llega al centro de acondicionamiento, se debe registrar el peso, e identificar la finca o el lote de la cual proviene, así como la hora de llegada, con el fin de mantener un historial de la fruta o generar la trazabilidad de la producción, para identificar el origen de algún problema, en caso de que se presente. Si el registro incluye el trabajador que recolectó la canastilla, se pueden tener mejores estadísticas sobre la eficiencia de los trabajadores y los posibles puntos que se deben mejorar.

Además, es recomendable llevar el registro de la producción, para evaluar el comportamiento del lote y los elementos necesarios para un análisis de costos que permita determinar la rentabilidad del cultivo, así como los cuellos de botella en el manejo poscosecha de la fruta.

Reposo o estabilización

En la práctica, se recomienda cosechar la fruta y mantenerla en lugares frescos, aproximadamente a 18 °C, mientras se estabiliza después del estrés sufrido por ser retirada de la planta. No se aconseja llevarla directamente a refrigeración ni al proceso de acondicionamiento, porque puede desarrollar daños en la piel, como manchas o pardeamiento (Saucedo, 2015) (figura 146b).

Este tiempo de reposo puede ser de entre 12 y 18 horas, dependiendo de la temperatura del día de la cosecha y el tiempo que permaneció expuesta directamente a los rayos solares. Entre mayores hayan sido la temperatura durante la recolección o el tiempo de exposición, la fruta requiere más tiempo para estabilizarse.

Fotos: María Cristina García

Figura 146. Acondicionamiento de lima ácida Tahití. a. Inicio del proceso; b. Daños causados a la fruta cuando no se respeta el tiempo de reposo antes de iniciar el acondicionamiento.

Selección

En esta etapa del acondicionamiento se hace una nueva selección de la fruta, descartando toda la que haya podido pasar en la inspección que se hace en el momento de la cosecha, pero que no cumpla con los estándares mínimos requeridos (figura 147).

En esta operación es necesario retirar toda la fruta que presente algún tipo de daño, especialmente el causado por hongos que puedan dispersarse al resto de las limas que se van a comercializar. También se deben excluir frutos con manchas blancas o amarillas, o con daños ocasionados por los roces de ramas u hojas. El grado de tolerancia a otro tipo de daños es establecido por el comprador, o de común acuerdo con el productor.

Sin embargo, las normas técnicas, como la NTC 4087 (ICONTEC, 1997), incluyen un grado de tolerancia para cada calidad de fruta, y por supuesto son más exigentes para la categoría extra, en la cual se admite un máximo del 5 % de daños leves (sombra, cicatrices de daños mecánicos), mientras que, para la primera calidad, se tolera hasta el 10 %. Todas las limas deben cumplir los requisitos mínimos dispuestos en la norma técnica.

Fotos: María Cristina García

Figura 147. Proceso de selección de frutos de lima ácida Tahití para exportación. a. Aceptados; b. Rechazados.

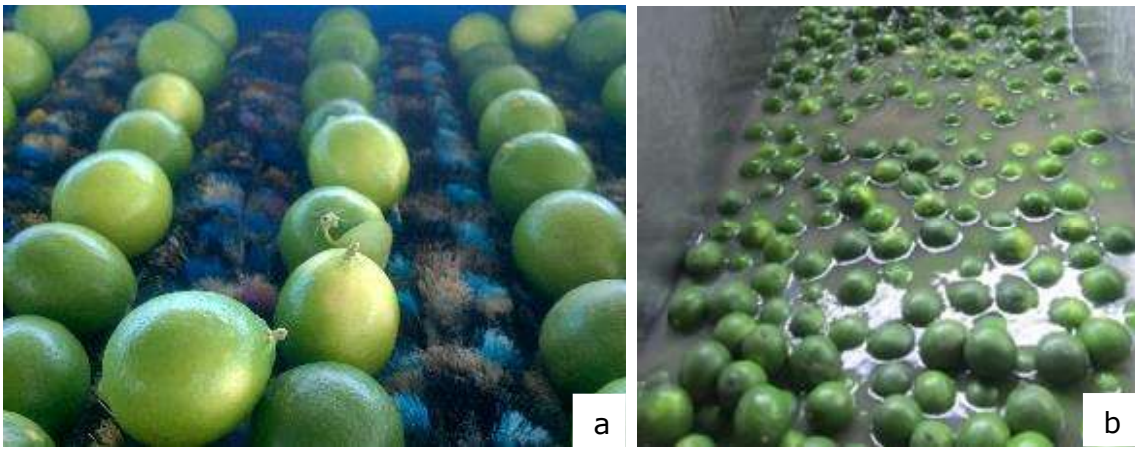
Limpieza

Esta práctica tiene como fin retirar la suciedad que pueda venir adherida a la lima, mejorar su presentación y aumentar la eficiencia del proceso de desinfección. En esta operación se remueven los residuos de cosecha adheridos a la fruta (figura 148).

Foto: María Cristina García

Figura 148. Remoción de residuos de cosecha en frutos de lima ácida Tahití.

Posteriormente, la lima se puede someter a un lavado con agua, ya sea a presión o por inmersión (figura 149a). Cuando hay un exceso de suciedad, es recomendable usar detergente, para asegurar su remoción y no reducir la eficacia de los desinfectantes que se aplican más adelante. También se pueden utilizar rodillos recubiertos con cepillos de *nylon* que, además de transportar la lima, pueden retirar la suciedad (figura 149b).



Fotos: María Cristina García

Figura 149. Métodos de limpieza de frutos de lima ácida Tahití. a. Húmedo, por inmersión en tanques de agua; b. Seco, con el uso de rodillos recubiertos con cerdas de nylon.

Desinfección

Después de la limpieza, la fruta pasa a otra sección similar, que dispone de rodillos recubiertos con cepillos y agua a presión, con un desinfectante que puede ser hipoclorito de sodio, tiabendazol, ortofenilfenol o imazalil (MINFCL et al., 2004) (figura 150), u otros productos con ingredientes activos registrados por el ICA.

Sin embargo, existen otros, aprobados en España y la Unión Europea para el tratamiento de cítricos. Entre ellos se encuentran el propiconazol, el cual ha mostrado efectividad contra la podredumbre amarga y las podredumbres causadas por *Penicillium* spp. y *Rhizopus* spp., que son las más comunes en la poscosecha de cítricos (McKay, Förster, & Adaskaveg, 2012).

Foto: María Cristina García

Figura 150. Desinfección de frutos de lima ácida Tahití con solución desinfectante a presión.

Secado

Cuando se han completado los procesos de lavado y desinfección, la lima es sometida a corrientes de aire forzado, con ayuda de ventiladores, para retirar la humedad superficial residual. Esta actividad es clave, ya que, como se mencionó anteriormente, la humedad crea ambientes favorables para el desarrollo de hongos (figura 151), reduce la homogeneidad y la adherencia de la cera, y disminuye la actividad de los desinfectantes, que por lo general se aplican durante el encerado.

Foto: María Cristina García

Figura 151. Desarrollo de hongos en poscosecha, favorecido por la presencia de humedad superficial.

Encerado y secado

Después de la desinfección y secado, la fruta se encera, con el fin de evitar la deshidratación, y que recobre el brillo natural que pierde durante las operaciones de lavado y desinfección. En este momento se puede adicionar algún fungicida, para protegerla de enfermedades poscosecha y conferirle una mayor vida útil.

En esta operación es muy importante que la cera quede aplicada de manera uniforme, y que cubra toda la superficie de la fruta en capas homogéneas (figura 152). Existen diferentes tipos de cera, desde las naturales, como la de abejas o la carnauba, resinas como la colofonia, y sintéticas como el polietileno.

Se deben tener en cuenta sus características, como porcentaje de sólidos, tipo de solvente, pH y compatibilidad con los fungicidas o demás compuestos adicionados a la cera. Muchas de estas cualidades son determinadas por el mercado (Saucedo, 2015).

Fotos: María Cristina García

Figura 152. Sistema de aplicación de cera con rodillos en frutos de lima ácida Tahití.

Entre las ceras más utilizadas están las de emulsión entre el 18 % y el 24 %, a base de carnauba, o polietileno oxidado y resina de colofonia. También se usan ceras con desinfectante incluido, como las ceras al agua con 18 % de sólidos, con amonio acuoso y un 0,3 % de enilconazol (imazalil) o con un 0,5 % de tiabendazol; así como ceras al 18 % de polietileno oxidado, que puede ser carnauba o goma laca, acompañado con amoniaco acuoso al 2 % y enilconazol (imazalil) (Saucedo, 2015).

El objetivo de estos fungicidas es prevenir el ataque de hongos como *Penicillium* spp., *Diplodia* spp. y *Phomopsis* spp. Por lo general, las ceras se aplican mediante boquillas dirigidas directamente a la fruta o pulverizadas sobre los cepillos.

Antes de pasar a la sección de empaque, la cera debe secarse, para que quede homogéneamente adherida y garantizar que cumplirá con sus funciones de evitar la deshidratación, mantener el brillo y el color, y reducir la pérdida de peso y los riesgos de daños por podredumbre. Algunas requieren secado con aire caliente (30 °C; 1-2 min), mientras que otras se pueden dejar secar al ambiente, buscando que se formen capas uniformes.

Clasificación

Una vez que la fruta está limpia, desinfectada y encerada se clasifican en categorías extra o primera, por tamaño o calibre y grado de calidad, según las normas técnicas. De acuerdo con el mercado, la lima es clasificada en diferentes calibres, descritos en el empaque.

Existen distintos métodos de clasificación por calibres, y en la figura 153 se muestran los más comunes: el primero consiste en rodillos que se extienden a lo largo de la banda y a una altura variable sobre la misma, que se incrementa desde el inicio de la banda hasta el final (figura 153a). Así, los frutos más pequeños salen en la primera parte de la banda, y los más grandes tienen que desplazarse hasta la parte final.

En el segundo sistema, los rodillos que van transportando la fruta tienen diferentes grados de separación: están más unidos en el inicio y más separados hacia el final; por lo tanto, las limas pequeñas salen primero (figura 153b). La altura sobre la banda, así como las distancias entre rodillos, se calibran para que correspondan con los calibres que se utilizan en lima, basados principalmente en los requisitos del mercado o, en algunas ocasiones, en las normas técnicas, como en el caso de Colombia con la NTC 4087 (ICONTEC, 1997).

Fotos: María Cristina García

Figura 153. Dos sistemas de clasificación de frutos de lima ácida Tahití por calibre. a. Barras de altura variable; b. Rodillos perpendiculares.

Empaque

Para el mercado nacional, la lima es comercializada en canastillas plásticas de 18 a 20 kg, o en costales o lonas, que van desde los 5 hasta los 50 kg (figura 154a). Sin embargo, es importante mencionar que estos empaques de alta capacidad no son recomendados para la comercialización de las limas, en primer lugar, por los daños mecánicos por compresión que sufre la fruta ubicada en la base de los empaques y, en segundo lugar, por la dificultad para apilarlos de manera estable, lo que implica un riesgo de caída de la fruta durante el transporte, aumentando las pérdidas durante la poscosecha.

Fotos: María Cristina García

Figura 154. Empaques de lima ácida Tahití. a. Costal; b. Caja de cartón con especificación del calibre empacado; c. Pallets.

En el caso de las limas para exportación se utilizan cajas (figura 154b). Para los mercados de Japón y de Europa, es común el uso de cajas de cartón, con una capacidad de 10 lb o 4,5 kg, mientras que para el de Estados Unidos se prefieren cajas de cartón de 18 kg.

El mercado de Japón prefiere frutos con calibres de 44, 42 y 40, y 36 unidades por cada caja de 10 lb; el mercado de Estados Unidos acepta frutos más pequeños (calibres 54, 48, 42 y 36) y, finalmente, el mercado europeo prefiere frutos pequeños, con calibres de 63, 54 y 48, y 42 unidades por caja (Saucedo, 2015).

Los *pallets* (figura 154c) para transporte terrestre se estructuran con 180 cajas, mientras que, para transporte aéreo, como en el caso de Japón, se manejan

pallets de 120 cajas (Saucedo, 2015). Sin embargo, a pesar de que estas condiciones son las más comunes, muchos mercados tienen sus requerimientos particulares.

Una vez empacados y armados, los *pallets* se deben almacenar en condiciones adecuadas de temperatura y, preferiblemente, de humedad relativa, mientras llega el momento del despacho hacia el mercado externo.

Almacenamiento y transporte

Estas operaciones deben cumplir con las mismas recomendaciones ya explicadas, como mantener la temperatura de 10 °C constante y uniforme en todo el sistema. Antes de cargar la fruta, ya sea al vehículo de transporte o a las bodegas de almacenamiento, es necesario limpiar y desinfectar estos lugares, pues en ellos es muy común la presencia de esporas de hongos como *Penicillium* spp. (Brito et al., 2012).

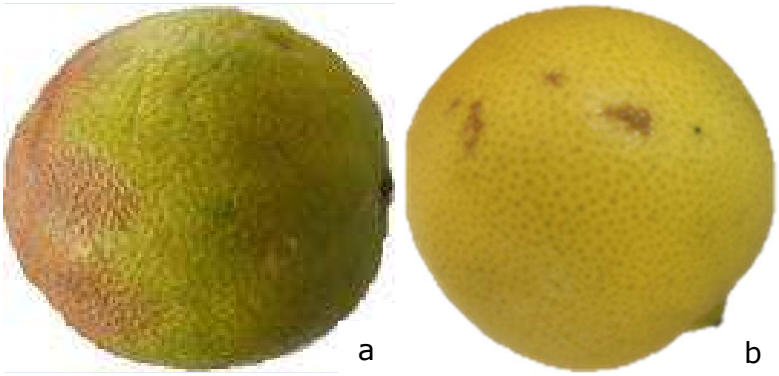
La cadena de frío debe mantenerse a lo largo del sistema de distribución de la fruta y, si no se cuenta con transporte refrigerado (figura 155) hacia los puertos o mercados de destino, es necesario evitar los cambios bruscos de temperatura, ya que favorecen la condensación de la humedad, y con ello el desarrollo de hongos y la velocidad de las reacciones de deterioro.

Durante el proceso de exportación, en los puertos de salida la fruta debe ser inspeccionada antes de su trasvase al contenedor que la transportará hasta el puerto de destino. Para no romper la cadena de frío durante esta inspección, en esos lugares se cuenta con contenedores especiales o de transferencia, destinados exclusivamente para esta tarea, como se observa en la figura 155. Respecto a la humedad relativa, es ideal que se mantenga entre el 85 % y el 90 %, para evitar la deshidratación de la fruta.

Fotos: María Cristina García

Figura 155. Transporte de lima ácida Tahití en cadena de frío. a. Transporte a puerto; b. Contenedor para inspección; c. Inspección de la fruta en puerto.

También es muy importante recordar que la lima ácida Tahití, y los cítricos en general, son sensibles al frío. La temperatura óptima depende de la variedad, el grado de madurez y los factores precosecha, como la fertilización, así como del manejo en poscosecha. Para la lima ácida Tahití se recomienda una temperatura de 10 °C +/- 1 °C. Cuando desciende más allá de estos valores, y dependiendo del tiempo de exposición a estas bajas temperaturas, ocurren daños que afectan drásticamente la calidad y la vida útil de la lima (figura 156).



Fotos: María Cristina García

Figura 156. Diferentes aspectos de daño por frío en lima ácida Tahití durante su almacenamiento. a. Bronceado de la piel; b. Peteca.

Transformación

La nueva tendencia en el consumo apunta a alimentos que no solo proporcionen elementos nutritivos básicos, sino también compuestos funcionales que traigan beneficios adicionales a la salud.

En términos generales, los cítricos se caracterizan por ser fuentes importantes de vitamina C (Arias & Toledo, 2000), la cual se considera un potente antioxidante, y cuyo déficit ha sido asociado con el escorbuto. Así mismo, esta vitamina también participa en la formación de colágeno, glóbulos rojos y favorece la absorción de hierro.

De igual modo, los cítricos también aportan provitamina A, ácido fólico, potasio, fibra, flavonoides y ácido cítrico, entre otros compuestos. Este último también es utilizado como antioxidante natural en la industria de alimentos.

Las industrias procesadoras tienen un reto muy grande para mantener estas características funcionales en los productos que desarrollan, pues la mayoría de los procesos de transformación implican altas temperaturas y operaciones de homogenización que conllevan una alta aireación del producto, condiciones que afectan drásticamente el contenido de estos compuestos funcionales.

Entre los cítricos se destacan los limones, que a su vez presentan múltiples variedades, de las cuales cabe mencionar las limas y los limones. Las limas ácidas son las más comercializadas en el mundo, aunque para su mercadeo por lo general las agrupan en la categoría de limones (UTEPI, 2006).

Los limones no tienen competencia con las demás variedades de cítricos, pues no clasifican como fruta para consumo directo o como postre. No obstante, tienen muchos usos, especialmente sus subproductos, los cuales pueden ser utilizados en la generación de energía (biocombustibles, biomasa); en cosméticos, para la producción de aceites (terapéuticos o fragancias), y en productos para el cuidado de la piel.

De igual forma, entre otros usos, se emplean en la industria alimentaria, para la obtención de jugos, pulpas, fibra, vino, mermeladas, aceites, refrescos o aditivos; en el sector agropecuario, en la producción de abonos, alimentación animal y

pesticidas naturales y, finalmente, en el ámbito industrial, para la elaboración de productos de limpieza ecológicos (Cámara de Comercio de Medellín [CCM], 2015).

En cuanto a su composición nutricional, la tabla de alimentos del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF, 2015) informa que la lima tiene un menor contenido energético que la mandarina y la naranja (con alrededor de 27 kcal/100 g). El aporte proteínico (0,3 g/100 g) y de grasa (0,1 g/100 g) es bajo, como en la mayoría de las frutas.

En cuanto a carbohidratos, reporta cerca de 6 g/100 g, y cantidades de cenizas (0,4 g/100 g) y de calcio (50 mg/100 g) mayores a las documentadas en mandarina (35 mg/100 g) y naranja (31 mg/100 g), mientras que los de fósforo y potasio son similares. Respecto a las vitaminas, sobresale la vitamina C (45 mg/100 g), cuyo contenido supera el reportado en mandarina y naranja. Otro aspecto importante es la cantidad de pectina (9,3 mg/100 g).

Muchos de los contenidos mencionados dependen de factores genéticos y edafo-climáticos, por lo cual se encuentran grandes diferencias entre reportes provenientes de diferentes fuentes. La tabla 16 resume la composición proximal de frutos de lima provenientes de cuatro localidades y sobre tres portainjertos diferentes.

Tabla 16. Composición proximal de lima ácida Tahití injertada en tres portainjertos, evaluados en cuatro localidades de Colombia

Portainjerto	Localidad	Humedad (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Carbohidratos totales (%)	Vitamina C (mg/100 g)
Citrumelo	Lebrija	90,06	0,52	0,02	1,09	8,31	20,88
	El Espinal	87,29	0,43	0,03	0,85	11,39	21,32
	Palmira	87,58	0,41	0,02	0,81	11,18	20,34
	Villavicencio	90,02	0,53	0,03	1,07	8,35	17,61
Kryder	Lebrija	88,86	0,52	0,03	0,81	9,78	27,73
	Palmira	86,89	0,44	0,03	0,83	11,81	23,19
Volkameriana	Lebrija	89,77	0,52	0,03	0,94	8,74	20,94
	El Espinal	87,78	0,44	0,02	0,83	10,93	18,8
	Palmira	88,11	0,38	0,04	0,87	10,6	21,63
	Villavicencio	87,58	0,55	0,04	0,94	10,89	19,38

Fuente: García, Botina et al. (2016)

Estos resultados permiten observar cómo la lima ácida Tahití, en diversos portainjertos, presentan valores similares entre ellos, pero diferentes a los reportados por la tabla de composición de alimentos del ICBF. Aunque, como es de esperarse en la mayoría de las frutas, los contenidos de grasa y proteína son bajos, superan en más del doble los registrados en la tabla del ICBF.

Las cantidades de azúcares y de ceniza encontradas en esta muestra también fueron mayores que las que presenta la tabla del ICBF, mientras que, en las muestras de las limas injertadas en los tres patrones provenientes de las cuatro localidades, el contenido de vitamina C fue significativamente menor a los reportes del ICBF. Sobre los portainjertos Carrizo, Cleopatra y Sunky provenientes de Palmira, la lima ácida Tahití presentó valores de vitamina C de entre 25 y 30 mg, que fueron los más altos encontrados en la muestra analizada.

Desde el punto de vista funcional, en la lima ácida Tahití es importante resaltar el contenido de flavonoides y de limoneno, que se encuentran principalmente en la cáscara. En el caso de los flavonoides, los más comunes e importantes en los cítricos son las flavonas (hesperetina y naringenina) y los flavonoles como la quercetina (Bhagwat, Haytowitz, & Holden, 2014).

Investigaciones preliminares muestran valores de entre 5 y 12 mg/100 g de cáscara de estos compuestos, que han sido relacionados como antioxidantes, e importantes en el control de enfermedades cardiovasculares (Mulvihill et al., 2010; Orhan et al., 2015; Zarebczan, Pinchot, Kunnimalaiyaan, & Chen, 2011), aunque todavía se requieren mayores estudios.

El limoneno es un monoterpeno que se encuentra en el aceite de limón, y se extrae con el prensado de la cáscara, y constituye entre el 56 % y el 69 % del aceite (Albaladejo, 1999), aunque otros estudios reportan hasta el 90 % (Yáñez, Lugo, & Parada, 2007). Este compuesto es considerado un agente antidepresivo, antiinflamatorio, ansiolítico, inmunoestimulante y antibacteriano.

Además, diversos estudios reportan que puede tener efectos anticancerígenos (Arruda, Miguel, Yokoyama-Yasunaka, Katzin, & Uliana, 2009; D'Alessio et al., 2013; Lu et al., 2004; Miller et al., 2013; Rabi & Bishayee, 2009a, 2009b; Sun,

2007; Zhang, Wang, Liu, Tang, & Zhang, 2014), ya que es posible que promueva la actividad de enzimas hepáticas y del intestino encargadas de la detoxificación de carcinógenos (Kaji et al., 2001).

En el campo industrial, los principales productos obtenidos de la lima son el jugo, el aceite esencial, el limoneno y la pectina. De acuerdo con Bustamante e Isaza (2015), el 25 % de la producción de limas corresponde a segunda y tercera categorías, que son destinadas a la industria.

De estas, el 80 % se utiliza para la elaboración de zumos y pulpas, y el 20 % restante para la producción de *pellets*, aceites esenciales, pectinas y flavonoides. Por otra parte, UTEPI (2006) reporta que en el procesamiento del limón se obtienen del 45 % al 55 % de jugo-pulpa, del 55 % al 45 % de cáscara y del 0,2 % al 0,5 % de aceite esencial.

La producción de jugo es una de las líneas de mayor importancia en la industria de los cítricos. Una vez exprimido, el jugo es centrifugado, pasteurizado, concentrado y refrigerado a -20 °C (Vicente-Trapani, s. f.). Este jugo puede ser clarificado posteriormente, para ser utilizado en bebidas transparentes o como saborizante.

Por consiguiente, el jugo de limón tiene mercado como bebida lista para consumir o como saborizante en otros productos, como las bebidas no alcohólicas, suaves o *soft drinks*, y las bebidas alcohólicas o *spirits*, como el Bacardí Limón y el Smirnoff Ice, entre otras. Francia y Japón son los principales importadores de jugo de limón.

En Estados Unidos, compañías como Coca-Cola y PepsiCo han introducido el sabor a limón en sus refrescos de soda, y más recientemente el sabor a lima. Además, cuentan con un mercado de 450 tipos de bebidas suaves, con un consumo per cápita de bebidas carbonatadas de cerca de 200 litros al año, por lo cual sigue siendo un mercado muy interesante. En Brasil, las bebidas energéticas y las alcohólicas han mostrado ser las más dinámicas del mercado, pues, entre 1994 y 2003, este creció más del 378 % (Fonseca, 2004, como se citó en UTEPI, 2006).

Estudios preliminares han mostrado que el contenido promedio de jugo de las limas se encuentra alrededor del 37 %, pero parece existir una influencia de los portainjertos y las condiciones edafoclimáticas o la localidad de producción, como se observa en la tabla 17, donde se presenta el contenido promedio de jugo de la lima proveniente de diferentes regiones y portainjertos.

Tabla 17. Contenido promedio de jugo de lima ácida Tahití injertada en seis portainjertos, evaluados en cuatro localidades de Colombia

Portainjertos	El Espinal	Lebrija	Villavicencio	Palmira
Carrizo	36,3 a	42,5 ba	33,1 a	36,25 a
Citrumelo CPB 4475	36,9 a	40,1 bc	34,5 a	35,98 ba
Cleopatra	38,2 a	41,6 ba	33,8 a	36,21 a
Kryder	36,9 a	45,9 a	30,0 a	35,10 b
Sunky x English	33,6 a	41,2 b	31,4 a	37,20 a
Volkameriana	36,7 a	36,1 c	35,2 a	35,21 ba
Promedio	**36,4**	**41,5**	**33**	**35,99**

Valores promedio identificados con una misma letra en una columna no presentan diferencias estadísticas con un nivel de significancia del 5 %, según prueba de Tukey (α = 0,05).
Fuente: García, Botina et al. (2016) y Martínez (datos inéditos)

De acuerdo con la tabla 17, la lima proveniente de Lebrija muestra los mayores contenidos de jugo, lo cual favorece su participación o entrada al mercado de los jugos o zumos de fruta. Sin embargo, también es importante tener en cuenta el peso de los frutos, pues pueden tener mayor contenido porcentual de jugo, pero un bajo peso, lo cual podría exigir más trabajo a la industria procesadora y redundar en menores rendimientos en cuanto a producción por hora. Por lo tanto, para la industria, el peso de fruto también es importante. En la tabla 18 se presenta el peso promedio de los frutos de lima ácida Tahití provenientes de diferentes portainjertos y localidades.

Tabla 18. Peso promedio de frutos de lima ácida Tahití injertada en seis portainjertos, evaluados en cuatro localidades de Colombia

Portainjertos	El Espinal	Lebrija	Villavicencio	Palmira
Carrizo	91,9 a	97,1 a	84,5 a	78,9 a
Citrumelo CPB 4475	91,7 a	90,1 ba	84,4 a	77,91 ba
Cleopatra	98,0 a	99,8 a	82,3 a	78,20 ba
Kryder	88,2 a	77,6 b	85,3 a	78,67 ba
Sunky x English	83,6 a	85,9 ba	88,3 a	77,19 b
Volkameriana	93,1 a	90,3 ba	83,9 a	78,06 ba
Promedio	**91,1**	**90,1**	**84,8**	**78,16**

Valores promedio identificados con una misma letra en una columna no presentan diferencias estadísticas con un nivel de significancia del 5 %, según prueba de Tukey (α = 0,05).
Fuente: García, Botina et al. (2016) y Martínez (datos inéditos)

La tabla 18 confirma la ventaja que muestra Lebrija en la producción de lima, tanto para el consumo en fresco como para la industria de jugos, pues presenta un peso promedio alto, lo cual, sumado a un alto contenido de jugo, implica mayores rendimientos en la extracción.

Cabe anotar que la firmeza (tabla 19) también juega un papel importante en la facilidad para extraer el jugo, y que esta, al igual que el peso y el contenido de jugo del fruto, dependen de su estado fisiológico o madurez. Por tal razón, es posible que frutos en un estado de madurez más avanzado que el establecido para el mercado en fresco de exportación sean más convenientes para la industria.

Tabla 19. Firmeza promedio de lima ácida Tahití injertada en seis portainjertos, evaluados en cuatro localidades de Colombia

Portainjertos	El Espinal	Lebrija	Villavicencio	Palmira
Carrizo	5,3 bac	3,8 b	6,2 ba	4,91 a
Citrumelo CPB 4475	4,3 c	3,9 b	5,7 b	4,33 c
Cleopatra	4,5 bc	4,3 ba	6,0 ba	4,87 ba
Kryder	5,0 bac	5,8 a	7,2 a	4,91 a
Sunky x English	5,8 a	3,9 b	6,2 ba	4,96 a
Volkameriana	5,5 ba	5,5 a	6,6 ba	4,79 b
Promedio	**5,1**	**4,5**	**6,3**	**4,8**

Valores promedio identificados con una misma letra en una columna no presentan diferencias estadísticas con un nivel de significancia del 5 %, según prueba de Tukey (α = 0,05).
Fuente: García, Botina et al. (2016) y Martínez (datos inéditos)

La lima proveniente del municipio de Lebrija también presenta ventajas mecánicas, ya que tiene una menor firmeza, que hace más fácil la extracción del jugo, aunque eso puede representar una mayor susceptibilidad a daños mecánicos cuando se comercializa como fruta fresca.

En cuanto a la producción de aceite esencial, la Dirección de Alimentación de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentos y Forestación de Argentina (SAGPyA) (como se citó en UTEPI, 2006) ha establecido que se requieren 190 kg de lima para obtener 1 kg de este aceite, y existen diferentes métodos para lograrlo. El primero es conocido como Food Machinery Company (FMC), en el cual se extraen el aceite y el jugo en un solo paso, y el sistema Brown, en el cual el aceite se extrae antes de exprimir el jugo.

Aunque existen más de 160 tipos de aceites esenciales, el más comercializado en el mundo es el de cítricos. Brasil es el principal exportador de lima ácida Tahití y México de limón mexicano, mientras Perú se ha convertido en el segundo productor mundial de aceite esencial de lima, después de México.

Otro país interesante en este mercado es Argentina, que provee limón fresco y jugo, y además es el primer exportador de aceite esencial de limón. Los principales importadores de aceites esenciales son Europa y Estados Unidos. Irlanda y Reino Unido han sido identificados como mercados atractivos para el aceite esencial de lima, pues importan el 16 % y el 23 %, respectivamente, de este aceite a nivel mundial.

En lo que respecta a las industrias de fragancias y saborizantes, Estados Unidos tiene una demanda importante, pero Japón paga el precio más alto por el aceite esencial, seguido de Irlanda, mientras que Estados Unidos y China pagan el más bajo (UTEPI, 2006).

El limoneno es el principal componente del aceite esencial de lima, y su demanda ha aumentado, pues se considera un disolvente biodegradable (Virot, Tomao, Ginies, Chemat, 2008), pero su oferta no crece a la misma velocidad (Jongedijk et al., 2016). Tiene diversos usos, como disolvente de resinas, pigmentos, tintas y adhesivos. También es utilizado en muchos procesos farmacéuticos y de alimentos (Sun, 2007), en la obtención de sabores artificiales de menta, y en la fabricación de dulces y goma de mascar.

La cáscara que queda después de los procesos de extracción del jugo y el aceite se deshidrata para obtener pectina (9,3 %), que tiene una importante demanda como espesante y texturizante en la industria de alimentos (Corporación de Promoción de Exportaciones Agrícolas no Tradicionales [PROEXANT]), como se citó en UTEPI, 2006).

Los estudios preliminares realizados en lima ácida Tahití, proveniente de diferentes portainjertos y cuatro localidades, mostraron que los contenidos de limoneno son muy variables, y probablemente dependen de la localidad y el portainjerto, pues las limas producidas en El Espinal presentaron los valores más bajos de este compuesto (0,16 mg/100 g de cáscara), mientras que las de Lebrija reportaron un promedio de 0,47 mg/100 g de cáscara.

Por su parte, de las limas provenientes de Palmira se reportaron contenidos de limoneno de 0,69 mg/100 g de cáscara, y de aquellas de Villavicencio 1,47 mg/100 g de cáscara. En cuanto a los portainjertos, Volkameriana presentó los mayores valores (0,97 mg/100 g de cáscara), seguido por Citrumelo (0,55 mg/100 g de cáscara) y Kryder (0,71 mg/100 g de cáscara).

Sin embargo, para determinar el rendimiento en limoneno, es importante tener en cuenta el tamaño del fruto y el contenido de cáscara, entre otros factores. Estudios preliminares han mostrado que, en cuanto al tamaño, no hay diferencias significativas entre limas provenientes de distintas localidades.

En lo que se refiere a los portainjertos, solo en Lebrija se encontraron diferencias significativas en cuanto al peso de las limas (García, Botina et al., 2016). En este municipio, las limas establecidas sobre Cleopatra y Carrizo reportaron un mayor peso (tabla 18), lo cual las hace atractivas para su industrialización. Sin embargo, es necesario determinar el porcentaje de cáscara de estas limas, que generalmente está alrededor del 22 ± 3 %.

De acuerdo con UTEPI (2006), el precio del jugo de lima es 10 veces mayor que el del fruto fresco, mientras que el del aceite esencial es 22 veces más alto, lo cual significa un importante valor agregado, pero puede requerir una mayor inversión inicial. Estos aspectos hacen parte del análisis económico que debe acompañar cualquier proyecto emprendedor o de generación de valor.

El mercado internacional de la lima ácida Tahití se muestra atractivo para Colombia, dadas sus condiciones favorables para el cultivo y, en especial, por el hecho de que oferta fruta en temporadas en las cuales los principales países exportadores no tienen producción. Europa es el principal mercado para la fruta en fresco y el jugo, mientras Estados Unidos presenta las mayores importaciones de aceite esencial.

Aunque Colombia ha incursionado en los mercados internacionales de producto fresco, y aún tiene amplias posibilidades de crecimiento, es importante participar en los mercados de mayor valor agregado, como los jugos y el aceite esencial. Sin embargo, para continuar con el crecimiento en el mercado de producto fresco y acceder a los de zumos y aceite esencial, es necesario determinar el portainjerto que se debe utilizar de acuerdo con el producto que se pretende obtener (fruta fresca, jugo o aceite esencial).

De igual forma, resulta imprescindible planificar y llevar a cabo los procesos de producción, acondicionamiento y transformación siguiendo las recomendaciones pertinentes, de manera que se garantice la calidad y homogeneidad del producto final, con el objetivo de que el país sea competitivo en este mercado, en el cual México, Brasil y Argentina son los principales contrincantes.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a todos los productores y exportadores de los municipios de Lebrija, El Espinal y Guamo que contribuyeron al desarrollo de este estudio, así como a los investigadores, profesionales y auxiliares de investigación de los centros de investigación Tibaitatá, La Libertad, Palmira y La Suiza de Agrosavia, y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por la financiación.

Referencias

Agustí, M. (2010). *Fruticultura* (2ª edición). Madrid, España: Mundi-Prensa.

Albaladejo, Q. (1999). El aceite esencial de limón producido en España: contribución a su evaluación por organismos internacionales (Tesis doctoral). Universidad de Murcia, Murcia, España.

Álvarez, L. (2017). *Ácaros que afectan la calidad del fruto de lima Tahití en el Valle del Cauca* (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.

Arias, C., & Toledo, J. (2000). *Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (papaya, piña, plátano, cítricos).* Recuperado de http://www.fao.org/3/a-ac304s.pdf.

Arruda, D., Miguel, D., Yokoyama-Yasunaka, J., Katzin, A., & Uliana, S. (2009). Inhibitory activity of limonene against *Leishmania* parasites *in vitro* and *in vivo*. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, *63*(9), 643-649.

Bhagwat, S., Haytowitz, B., & Holden, M. (2014). *USDA Database for the flavonoid content of selected foods.* Recuperado de http://www.ars.usda.gov/nutrientdata/flav.

Brito, A., Cháfer, M., & González, M. (2012). *Aplicación de recubrimientos a base de quitosano y aceite esencial de limón en el control de la poscosecha de la podredumbre azul de naranjas* (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. Recuperado de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/14366/TesinaMaster_AxelBrito.pdf?sequence=1.

Bustamante, A., & Isaza, R. (2015). Identificación de subproductos, obtenidos a partir de segundas y terceras producciones de cítricos, para su aprovechamiento industrial y agroindustrial (Informe ejecutivo de vigilancia tecnológica). Medellín, Colombia: Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).

Cámara de Comercio de Medellín (CCM). (2015). *Informe de estructuración de cadenas productivas.* Medellín, Colombia: CCM.

Cañizares, A., Bonafine, O., Méndez, J., Laverde, D., & Puesme, R. (2012). Crecimiento, desarrollo y calidad del fruto de lima "Tahití" (*Citrus latifolia* Tanaka) en el estado Monagas, Venezuela. *Revista Científica* UDO *Agrícola*, *12*(3), 535-541.

Croper. (s.f.). *Producto: Yodigon*. Recuperado de https://www.croper.com/home/detail_product/5295.

Curti-Díaz, S., Hernández, C., & Loredo-Salazar, X. (2012). Productividad del limón "Persa" injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, *18*(3), 291-305.

Curti-Díaz, S., Loredo-Salazar, X., Díaz-Zorrilla, U., Sandoval-Rincón, J., & Hernández, H. (2000). *Tecnología para producir limón Persa* (Libro técnico N.º 8). Veracruz, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Inifap).

D'Alessio, P., Ostan, R., Bisson, J., Schulzke, J., Ursini, M., & Béné, M. (2013). Oral administration of d-limonene controls inflammation in rat colitis and displays anti-inflammatory properties as diet supplementation in humans. *Life Sciences, 92*(24-26), 1151-1156.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2015). *Cultivo del limón o lima Tahití (*Citrus latifolia *Tanaka) frente a los efectos de las condiciones climáticas adversas* (Boletín N.° 41). Bogotá: autor.

Dirección General de Normas. (1996). NMX-FF-077-1996. *Productos alimenticios no industrializados para consumo humano Fruta fresca. Limón Persa (Citrus latifolia T.). Especificaciones*. Ciudad de México, México: Secretaría de Economía.

Dorado, D., Grajales, L., & Ríos, L. (2015). Efecto del riego y la fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de lima ácida Tahití *Citrus latifolia* Tanaka (Rutaceae). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *16*(1), 87-93.

Espinal, C., Martínez, H., & Peña, Y. (2005). *La cadena de cítricos en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica. 1991-2005* (Documento de trabajo N.º 66). Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Figueroa, C., Opazo, M., Vera, P., Arriagada, O., Díaz, M., & Moya, M. (2012). Effect of postharvest treatment of calcium and auxin on cell wall composition and expression of cell wall-modifying genes in the Chilean strawberry (*Fragaria chiloensis*) fruit. *Food Chemistry, 132*(4), 2014-2022.

Fischer, G., & Orduz-Rodríguez, J. (2012). Ecofisiología en frutales. En G. Fischer (Ed.). *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* (pp. 54-72). Bogotá, Colombia: Produmedios.

García, C., Botina, B., & Calvo, M. (2016). *Condiciones óptimas de almacenamiento para lima ácida Tahití* (Informe final). Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

García, J., Olmo, M., & García, J. (2016). Decay incidence and quality of different citrus varieties after postharvest heat treatment at laboratory and industrial scale. *Postharvest Biology and Technology, 118*, 96-102.

Hussain, P., Meena, R., Dar, M., & Wani, A. (2012). Effect of post-harvest calcium chloride dip treatment and gamma irradiation on storage quality and shelf-life extension of Red delicious apple. *Journal of Food Science and Technology, 49*(4), 415-426.

Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF). (2015). *Tabla de Composición de Alimentos Colombianos.* Bogotá, Colombia: ICBF.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (1997). *Norma Técnica Colombiana NTC 4087. Frutas frescas. Lima Tahití. Especificaciones.* Bogotá, Colombia: Icontec.

Jamett, P. (2010). *Efecto de la estiba en la efectividad del desverdizado de limones (Citrus limón l. Burm) var. fino 49 y naranjas (Citrus sinensis L. Osbeck) var. Lane Late* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.

Jongedijk, E., Cankar, K., Buchhaupt, M., Schrader, J., Bouwmeester, H., & Beekwilder, J. (2016). Biotechnological production of limonene in microorganisms. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *100*(7), 2927-2938.

Kaji, I., Tatsuta, M., Iishi, H., Baba, M., Inoue, A., & Kasugai, H. (2001). Inhibition by D-limonene of experimental hepatocarcinogenesis in Sprague-Dawley rats does not involve P21RAS plasma membrane association. *International Journal of Cancer*, *93*(3), 441-444.

Ladaniya, M. (2008). *Citrus fruit: biology, technology and evaluation*. Ámsterdam, Países Bajos: Academic Press.

Lado, J., Gambetta, G., & Zacarías, L. (2018). Key determinants of citrus fruit quality: metabolites and main changes during maturation. *Scientia Horticulturae, 233*, 238-248.

Lado, J., Rodrigo, M., & Zacarías, L. (2014). Maturity indicators and citrus fruit quality. *Stewart Postharvest Review, 2*(2), 1-6.

López, J. (Productor). (2016). *La lima Tahití: tercer lugar de las especies cítricas cultivadas en Colombia* [Video]. Lebrija, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Recuperado de http://web.corpoica.org.co/ver?vid=19119.

Lozano, M. (1996). Condiciones de clima y prácticas agronómicas y sus efectos en producción y calidad de los cítricos. Manizales. *Asocia*, *4*(4), 3-7.

Lu, G., Zhan, B., Feng, A., Qu, Y., Yu, H., & Xie, H. (2004). Inhibition of growth and metastasis of human gastric cancer implanted in nude mice by D-limonene. *World Journal of Gastroenterology*, *10*(14), 2140-2144.

Martínez, K., & Iriarte, A. (2004). *Análisis del potencial exportador de lima Tahití en fresco producida en el departamento de Bolívar* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena, Colombia.

McKay, A., Förster, H., & Adaskaveg, J. (2012). Toxicity and resistance potential of selected fungicides to *Galactomyces* and *Penicillium* spp. causing postharvest fruit decays of citrus and other crops. *Plant Disease*, *96*(1), 87-96.

Milla, D., Arizaleta, M., & Díaz, L. (2009). Crecimiento del limero "Tahití" (*Citrus latifolia* Tan.) y desarrollo del fruto sobre cuatro portainjertos en un huerto frutal ubicado en el municipio Palavecino, estado Lara, Venezuela. *UDO Agrícola*, *9*(1), 85-95.

Miller, J., Lang, J., Ley, M., Nagle, R., Hsu, C., Thompson, P., ... & Chow, H. (2013). Human breast tissue disposition and bioactivity of limonene in women with early-stage breast cancer. *Cancer Prevention Research, 6*(6), 577-584.

Ministry of Fisheries, Crops and Livestock (MINFCL), New Guyana Marketing Corporation (NGMC), & National Agricultural Research Institute (NARI). (2004). *Lemons. Postharvest care and market preparation* (Technical Bulletin N.º 29). Georgetown, Guyana: MINFCL, NGMC, & NARI. Recuperado de http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacy845.pdf.

Mulvihill, E., Assini, J., Sutherland, B., DiMattia, A., Khami, M., Koppes, J., ... & Huff, M. (2010). Naringenin decreases progression of atherosclerosis by improving dyslipidemia in high-fat-fed low-density lipoprotein receptor-null mice. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, *30*(4), 742-748.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2007). Codex Stan 213-1999. Norma del Codex para la lima-limón. En *Frutas y hortalizas frescas. Codex Alimentarius*. Roma, Italia: FAO.

Orhan, E., Nabavi, F., Daglia, M., Tenore, C., Mansouri, K., & Nabavi, M. (2015). Naringenin and atherosclerosis: a review of literature. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, *16*(3), 245-251.

Palacios, J. (2005). *Citricultura*. Tucumán, Argentina: Hemisferio Sur.

Peng, Y., & Rabe, E. (1998). Effect of differing irrigation regimes on fruit quality, yield, fruit size and net CO_2 assimilation of Mihowase satsuma. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 73*(2), 229-234.

Pérez, Y. (2010). Eventos fisiológicos asociados a la madurez y calidad de los frutos cítricos en Cuba y su relación con los productos transformados de la industria. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Recuperado de http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/1067/cuf0114s.pdf.

Pfenagri. (s.f.). *Tijera para manzana fuji y cítricos*. Recuperado de http://pfenagri.cl/tijeras-de-raleo-y-cosecha/8-tijera-fuji-citricos.html.

Piña, G., Gastón, E., Monteverde, E., Magaña, S., Espinoza, M., & Rangel, L. (2006). Crecimiento, producción y calidad de frutos en limeros "Persa" sobre 11 portainjertos. *Agronomía Tropical*, *56*(3), 433-448.

Quiroga, J., Hernández, F., Silva, M., & Orduz-Rodríguez, J. (2010). Comportamiento de la producción de lima Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka), injertada sobre el patrón de mandarina Cleopatra (*Citrus reticulata* Blanco) y la influencia del virus de la tristeza (CTV) en condiciones del piedemonte del Meta, 1997-2008. *Orinoquia*, *14*(1), 5-15.

Rabi, T., & Bishayee, A. (2009a). D-Limonene sensitizes docetaxel-induced cytotoxicity in human prostate cancer cells: generation of reactive oxygen species and induction of apoptosis. *Journal of Carcinogenesis*, *8*, 9.

Rabi, T., & Bishayee, A. (2009b). Terpenoids and breast cancer chemo-prevention. *Breast Cancer Research and Treatment*, *115*(2), 223-239.

Reina, C., Vargas, E., & Witz, M. (1995). *Manejo postcosecha y evaluación de la calidad para la naranja (Citrus sinensis), limón (Citrus aurantifolia) y mandarina (Citrus reticulata) que se comercializa en la ciudad de Neiva*. Neiva, Colombia: Universidad Surcolombiana.

Rincón, A., & Quintero, E. (2015). Funciones del calcio en la calidad poscosecha de frutas y hortalizas: una revisión. *Alimentos Hoy*, *24*(34), 13-25.

Rivera, F., Ponce, M., Díaz de León, F., Villegas, A., & Pérez, L. (2010). Acid limes: a review. *Fresh Produce*, *4*(1), 116-122.

Rodríguez, M. (2002). *Guía técnica: cultivo del limón pérsico.* San Salvador, El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA).

Saucedo, C. (2015). *Requerimientos de calidad de lima Tahití para el mercado de exportación*. Jornada de actualización tecnológica: oferta tecnológica para el mejoramiento de la producción de cítricos para el piedemonte llanero, ci La Libertad, Colombia.

Senthelas, P. (2005). Agrometeorologia dos citricos. En D. Mattos, J. D. de Negri, R. M. Pio & J. Pompeu (Eds.). *Citros* (pp. 317-344). Campinas, Brasil: Instituto Agronômico, Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola (Fundag).

Sun, J. (2007). D-Limonene: safety and clinical applications. *Alternative Medicine Review*, *12*(3), 259-264.

Tejacal, I., Beltrán, M., Lugo, A., & Ariza, R. (2009). *Calidad del limón Persa y naranja Valencia en el estado de Morelos* (Folleto técnico N.° 41). Ciudad de México, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Tejacal, I., Lugo, A., & Valdez, L. (2013). *Estudio nutricional en cítricos de Morelos.* Recuperado de https://docplayer.es/15889717-Estudio-nutricional-en-citricos-de-morelos.html.

Unidad Técnica de Estudios para la Industria (UTEPI). (2006). *Lima y limón. Estudio agroindustrial en el Ecuador: competitividad de la cadena de valor y perspectivas de mercado.* Quito, Ecuador: Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización, Pesca y Competitividad (MICIP) y Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). Recuperado de https://www.unido.org/sites/default/files/2007-11/71787_TCB_No.15.Lima__Limon_Estudio_Agroindustrial_en_el_Ecuador_0.pdf.

United States Department of Agriculture (USDA). (2006). *United States Standards for Grades of Persian (Tahiti) Limes.* Washington, EE. UU.: autor.

Vicente-Trapani S. A. (s. f.). *Unidad de negocios: industria*. Tucumán, Argentina: Vicente-Trapani S. A. Recuperado de http://www.vicentetrapani.com/gest_amb/Informe%20industria%20Feb-00.html.

Virot, M., Tomao, V., Ginies, C., & Chemat, F. (2008). Total lipid extraction of food using d-Limonene as an alternative to n-Hexane. *Chromatographia*, *68*(3-4), 311-313.

Yáñez, X., Lugo, L., & Parada, D. (2007). Estudio del aceite esencial de la cáscara de la naranja dulce (*Citrus sinensis*, variedad Valenciana) cultivada en Labateca (Norte de Santander, Colombia). *Bistua*, *5*(1), 3-8.

Yara. (2019a). *Sólidos solubles totales (SST) en cítricos.* Bogotá, Colombia: Yara. Recuperado de https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/citricos/solidos-solubles-totales-sst-en-citricos/.

Yara. (2019b). *Influir en la calidad de cítricos.* Recuperado de https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/citricos/citricos-calidad/.

Zarebczan, B., Pinchot, N., Kunnimalaiyaan, M., & Chen, H. (2011). Hesperetin, a potential therapy for carcinoid cancer. *The American Journal of Surgery, 201*(3), 329-332.

Zhang, Z., Wang, L., Liu, W., Tang, G., & Zhang, Y. (2014). Synergistic inhibitory effect of berberine and d-Limonene on human gastric carcinoma cell line MGC803. *Journal of Medical Food*, *17*(9), 955-962.

Capítulo XIV
Análisis económico-financiero del sistema productivo de lima ácida Tahití

Rubilma Tarazona Velásquez

Levantamiento de datos

La información primaria para la elaboración de este capítulo se recolectó mediante entrevistas a algunos de los principales productores de lima ácida Tahití, identificados por su experiencia y liderazgo en asociaciones en el área de influencia, tomando como punto de referencia cultivos ubicados en diferentes municipios de los dos departamentos estudiados.

La entrevista se enfocó en los principales componentes requeridos para el análisis: costos de inversión, de establecimiento y operativos, niveles de producción y calidades del fruto. Con este fin, se realizó una proyección correspondiente al periodo estimado del proyecto o cultivo, en cada uno de los departamentos. De igual forma, esta información se extrapoló por hectárea, teniendo en cuenta que existen diferencias en las distancias que utiliza cada productor, la densidad de árboles y el seguimiento que se le hace a la producción.

Mediante el análisis descriptivo, se hizo un cálculo aproximado de los costos promedio de producción del cultivo de lima ácida Tahití en los departamentos de Santander y Tolima. Es necesario considerar que las condiciones del suelo, el clima y la oferta hídrica pueden variar por departamento, así como en cada una de las zonas donde se tomó la información, aunque estos elementos no se tuvieron en cuenta para el análisis financiero del proyecto.

En la evaluación de la rentabilidad de la producción de lima ácida Tahití en cada zona, se eligieron los siguientes criterios financieros: valor presente neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR) y relación beneficio/costo (B/C).

En la proyección de los costos en el tiempo, para el año 1 se tomó el precio promedio de 2016 y se calculó a 10 años, proyectando una inflación calculada con base en los datos del índice de precios al consumidor (IPC) de 2007 a 2027, mediante regresión lineal, y posteriormente calculando su variación, dentro del rango del Banco de la República (3 % ±1 p. p.). (Banco de la República, s.f.).

Así mismo, se aplicó la tasa de descuento tomada del índice de depósito a término fijo (DTF) a la fecha de cierre de 2016 (6,78 %), realizando el análisis de sensibilidad con una tasa de DTF + 10 EA (tasa efectiva anual) y la tasa aplicada a proyectos sociales (TSD) (12 %).

Mediante el análisis de los criterios de evaluación financiera de los proyectos productivos, para los dos departamentos se presenta como resultado el nivel de rentabilidad de cada proyecto, considerando la diferencia de los periodos de vida de cada uno de ellos.

Análisis de precios

Para hacer este análisis, se tomaron los precios promedio de cierre desde la última semana de diciembre de 2016 hasta el precio promedio de distribuidores mayoristas con cierre a mayo de 2017 de las principales ciudades de abasto, según la base de datos del Sistema Nacional de Precios (SIPSA), proporcionados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2016-2017) (figura 157).

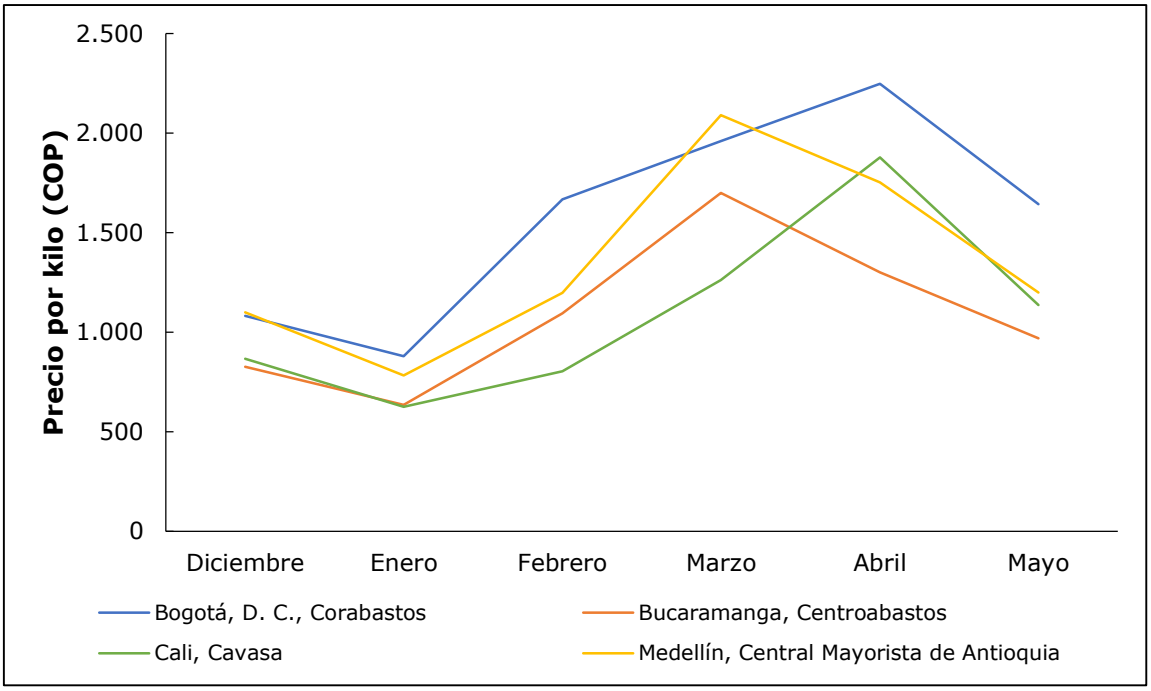


Figura 157. Comportamiento de los precios de distribuidores mayoristas de lima ácida Tahití (diciembre de 2016-mayo de 2017).
Fuente: Elaboración propia

En este periodo se observa que en enero se presentaron los precios más bajos en los cuatro principales centros de abastos del país, con un precio promedio por kilo de 731 COP, que hubo un alza entre los meses de febrero, marzo y abril, y una tendencia a la baja desde mayo. Así mismo, en abril hubo un precio máximo promedio de 1.795 COP.

Estas variaciones no permiten que se dé una compensación constante de los costos, y los precios fluctuantes por épocas de oferta y demanda se compensan con la regulación de precios que ofrece el mercado, lo que provoca un déficit para los productores en algunos periodos del año.

Santander

Es el principal departamento productor de cítricos a nivel nacional, con un total de 285.597 t registrado a 2016. Según las evaluaciones agropecuarias municipales (EVA) del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) (Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario [AGRONET], 2017), el limón (incluyendo las limas) tiene una participación de 76.099 t, que representan el 27 % del total de la producción de cítricos del departamento.

Análisis de datos

Para la obtención de la información primaria de este análisis, se tomaron como puntos de referencia tres municipios con producción de lima ácida Tahití, donde se hicieron entrevistas a líderes de asociaciones y a productores con diferencias en sus años de experiencia y edades de sus cultivos, como se describe en la tabla 20.

Tabla 20. Municipios en los que se recolectó información (Santander)

Municipio	Hectáreas	Edad del cultivo	Experiencia
Girón	Mínimo: 1 Máximo: 20	Todas las edades	120 socios, 20 años
Lebrija	20	17-25 años	20 años
Rionegro	<1	20 años	20 años

Fuente: Elaboración propia

Se observó una distribución de los cultivos con diferentes técnicas, que generan una mayor densidad por hectárea, según los productores. Se utilizan arreglos de siembra como al tresbolillo, lineal, en cinco de oros y curvas de nivel. Dado que el terreno en el departamento no es plano ni uniforme, se deben usar arreglos adaptados al mismo.

Se produce con una densidad promedio de 376 árboles por hectárea, con un máximo de 500 y un mínimo de 250. Estos datos se tuvieron en cuenta para calcular los promedios y extrapolar la información por hectárea con los registros suministrados.

Según la experiencia de los productores, y debido a que el ciclo productivo no está determinado, para efectos de cálculo de indicadores se tomó un ciclo de vida del proyecto de 20 años de producción, puesto que existen cultivos y árboles de más de 28 años de vida útil. La figura 158 muestra los datos de producción promedio, y la vida útil del proyecto.

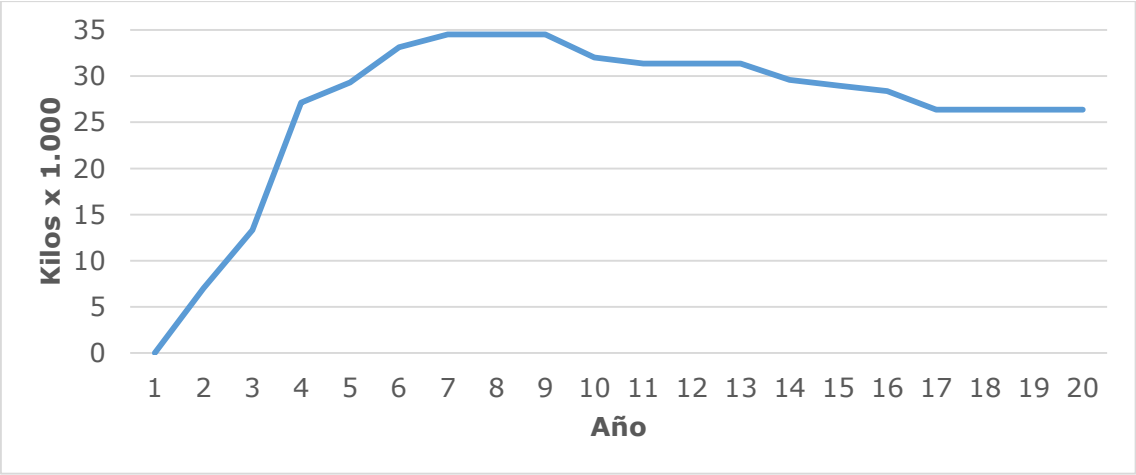


Figura 158. Vida útil de la producción de lima ácida Tahití, en kilos por hectárea y año (Santander).
Fuente: Elaboración propia

Este ciclo productivo presenta un máximo en su producción entre los años 7, 8 y 9, con un promedio de 34,5 t/ha. Después del año 20, se registra una productividad aproximada de 25 t/ha, dependiendo siempre del manejo del cultivo.

Costos de inversión

Se parte de la base de una infraestructura básica, debido a que la producción tiene como destino el mercado nacional, y a que los productores que están en el proceso de exportación no hacen las labores de clasificación ni de maquila, ya que la empresa exportadora se encarga de estas operaciones.

El costo promedio de inversión por hectárea se calculó en 10.689.500 COP, incluyendo la instalación de un sistema de riego a todo costo y herramientas necesarias para el manejo. Estos valores estuvieron en un rango calculado entre 4.121.500 COP y 16.000.000 COP por hectárea.

El costo de inversión mínimo corresponde a productores que poseen una infraestructura básica para el manejo de la producción. Por otro lado, el costo máximo se calculó para aquellos que tienen una infraestructura dirigida a cumplir las normas exigidas para la exportación, así como construcciones físicas para el manejo de la cosecha, como se describe en la tabla 21.

Tabla 21. Costos de inversión en infraestructura (Santander)

Infraestructura	Descripción
Bodega de insumos	Puede variar dependiendo del tamaño (m^2) y de los materiales con los que se fabrique.
Centro de acopio	Puede variar dependiendo del tamaño (m^2) y de los materiales con los que se fabrique.
Área de reciclaje	Puede variar dependiendo del tamaño (m^2) y de los materiales con los que se fabrique.
Bodega de herramientas	Puede variar dependiendo del tamaño (m^2) y de los materiales con los que se fabrique.
Sistema de riego	Entre 4.000.000 y 10.000.000 cop por hectárea a todo costo.
Herramientas para el manejo del cultivo	Dado que la vida útil de la producción supera los 20 años, estas herramientas requieren una renovación total por lo menos dos veces en todo un ciclo.

Fuente: Elaboración propia

Costos totales

Dentro de los costos de operación se incluyó el cálculo para la fase I, que consiste en la siembra y el mantenimiento del cultivo en el primer año del proyecto. Estas actividades requieren insumos, mano de obra, uso de maquinaria y adecuación del terreno. La fase de siembra se desarrolla en un periodo promedio de 10 días por hectárea, y para ella se identificaron costos operativos, descritos en la tabla 22.

Tabla 22. Costos operativos de la fase I (siembra y manejo del primer año) (Santander)

Costos operativos (fase I)	Descripción
Plántulas	Precio por plántula en vivero: 3.000-3.500 cop.
Flete por transporte de plántulas	60.000 cop para 250-300 plántulas.
Insumos	Promedio de costos: 6.000.000-7.000.000 cop por hectárea.
Mano de obra	3.500.000-4.500.000 cop.
Contratación de servicios	Mano de obra extra (de ser necesaria): 36.000 cop al día.

Fuente: Elaboración propia

El cálculo de los costos operativos se estima en un promedio aproximado total, debido a que los agentes productores de lima ácida Tahití entrevistados no disponen de un seguimiento contable de los costos. Se podría discriminar que un 50 % de ellos corresponde a la compra de insumos y el otro 50 % se destina a costos de mano de obra.

Finalmente, se obtiene un promedio aproximado de costos totales, incluyendo los financieros, con créditos que se adquieren por un periodo de 10 años y, después de finalizado el crédito, se evidencia una disminución en los costos totales. Estos costos tienden a estabilizarse a partir del año 10, teniendo en cuenta la tasa de inflación proyectada.

Análisis de ingresos

Los ingresos (COP/ha) calculados por la venta de la producción se presentan en ingresos brutos y netos. La lima ácida Tahití se comercializa en canastilla de 25 kilos, y hay un costo promedio de transporte, ya que los productores deben desplazarse fuera de la finca para realizar el proceso de venta. El fruto se clasifica en dos tipos de calidades, de las cuales depende el precio final. Un promedio del 83 % de la producción corresponde a frutos de primera calidad.

Según la figura 159, se empiezan a obtener ingresos brutos a partir del año 2, y se alcanza el punto de equilibro en el 3, cuando los ingresos netos se vuelven positivos. Hasta el año 2 hay saldos negativos, a causa de los costos de siembra y mantenimiento de ese periodo.

A partir del año 10, los costos totales se estabilizan, pues en esta etapa el cultivo solo requiere de manejo para prolongar la vida y la producción. El horizonte de ingresos se calculó hasta el año 20, debido a que algunos cultivos pueden durar 28 años o más.

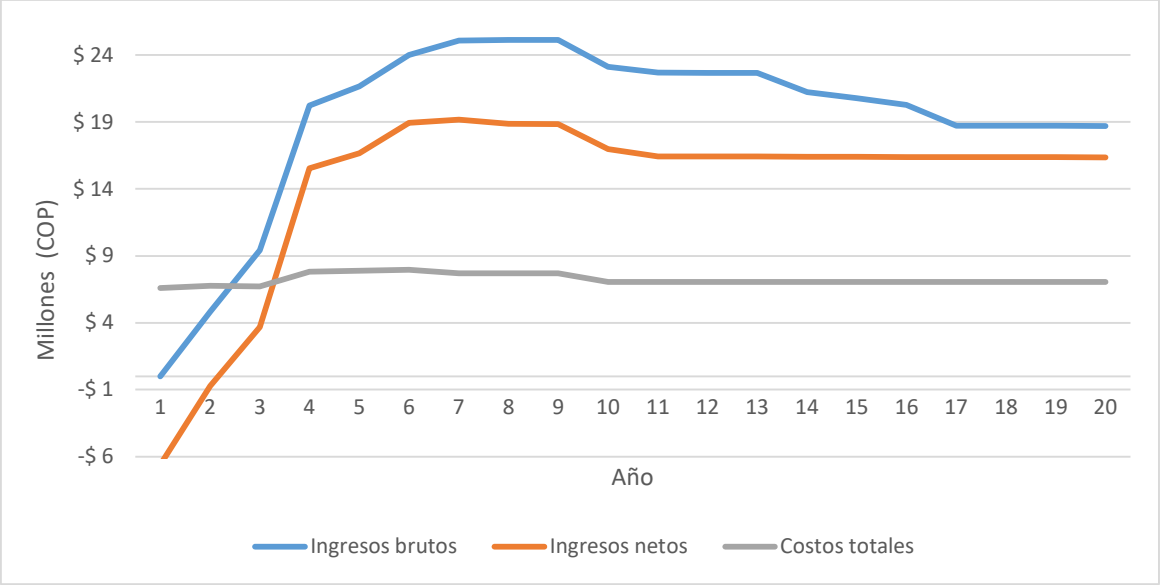


Figura 159. Proyección de ingresos (año/ha) (Santander).
Fuente: Elaboración propia

Análisis financiero de la cosecha

Los ingresos netos calculados para cada uno de los productores se promediaron y se proyectaron para cada año, teniendo en cuenta la curva de producción estimada, el porcentaje de clasificación en la cosecha, y los valores proyectados con el IPC, para costos, precios y créditos bancarios, como se muestra en la tabla 23.

Tabla 23. Ingresos y costos estimados por hectárea (cop) (Santander)

Año	Ingresos brutos/ha	Costos/ha	Ingresos netos/ha
1	0	6.597.571	-6.597.571
2	4.829.598	6.754.929	-717.932
3	9.420.160	6.725.346	3.682.936
4	20.248.165	7.812.534	15.546.600
5	21.652.636	7.879.286	16.652.162
6	24.008.044	7.957.091	18.936.147
7	25.080.798	7.701.130	19.172.680
8	25.137.143	7.696.173	18.862.082
9	25.120.789	7.691.468	18.849.509
10	23.119.559	7.067.220	16.975.225
11	22.678.421	7.063.331	16.430.553
12	22.665.690	7.059.627	16.421.068
13	22.653.548	7.056.094	16.412.022
14	21.246.210	7.052.720	16.403.386
15	20.770.792	7.049.496	16.395.132
16	20.296.260	7.046.412	16.387.235
17	18.738.504	7.043.458	16.379.672
18	18.730.441	7.040.627	16.372.424
19	18.722.704	7.037.911	16.365.470
20	18.715.277	7.035.303	16.358.793

Fuente: Elaboración propia

A partir del año 3, se observa un ingreso neto positivo, aunque no representativo, debido a los niveles de cosecha en los años 2 y 3. Considerando que hay un ciclo productivo de 20 años para el proyecto, y que la cosecha puede llegar a cierto punto y mantenerse en un promedio de entre 31 y 32 toneladas por año, el ingreso neto para cada uno de los años del proyecto dependerá del precio del

mercado. A partir del año 20, se empieza el reemplazo de árboles en la medida en que se requiera, por lo general por muerte, pero no por baja productividad, por lo que no se requiere una renovación total del cultivo.

Análisis financiero de la inversión

Es importante señalar que en este procedimiento no se calculan los tipos de rendimientos de cada uno de los agentes productivos, teniendo en cuenta que la clase y las cantidades de insumos son heterogéneos entre los productores. Para esa estimación se debe realizar un análisis a nivel microeconómico, en el que se calcule el tipo de rendimientos considerando detalladamente las características de cada agente.

Para el caso, se calculó el promedio muestreado de los agentes productores de lima ácida Tahití, que tienen sistemas de sembrado heterogéneos, debido al tipo de terreno, que presenta inclinaciones y ondulaciones de hasta 70 grados.

Se tomaron el promedio del costo de inversión inicial, los costos operativos y financieros, y los ingresos netos, para el cálculo y análisis de los indicadores financieros del proyecto por hectárea. Esta operación permite ver la rentabilidad promedio de la producción en un margen de 20 años. Los resultados se resumen en la tabla 24.

Tabla 24. Indicadores financieros (VAN, TIR y B/C) (Santander)

Departamento	Tasa de descuento: 6,78 %			Análisis de sensibilidad en van	
	VAN	TIR	B/C	16 %	12 %
Santander	125.156.392 cop	42 %	1,9	49.047.794 cop	72.780.366 cop

VAN: valor actual neto; TIR: tasa interna de retorno; B/C: beneficio/costo.
Fuente: Elaboración propia

Según la tabla anterior, hay una tasa interna de retorno (TIR) positiva, y mayor a la de descuento, lo cual representa una tasa de crecimiento del capital y la capacidad de generar retornos en relación con la inversión inicial.

Para el indicador beneficio/costo (B/C) también se observa un resultado positivo mayor a 1, que indica que a lo largo del periodo calculado el beneficio del proyecto es superior a los costos calculados. Finalmente, se calculó un periodo de recuperación promedio de la inversión de 3,5 años.

El análisis de sensibilidad muestra que teniendo en cuenta las diferentes tasas de descuento, el depósito a término fijo (DTF), el DTF + 10 EA, y la tasa aplicada a proyectos sociales (TSD), el proyecto presenta rentabilidades positivas a lo largo del periodo calculado.

Tolima

Tolima es el segundo departamento productor de cítricos a nivel nacional, con un total registrado a 2016 de 57.097 t. Según la base de datos de las evaluaciones agropecuarias municipales (EVA) del MADR (Agronet, 2017), el limón (incluyendo las limas) tiene una participación de 42.594 t, que representan el 75 % del total de la producción de cítricos del departamento.

Análisis de datos

Para la toma de información primaria de este análisis, los puntos de referencia fueron tres municipios con producción de lima ácida Tahití. En ellos se realizaron entrevistas a varios agentes productores, cada uno con diferencias en sus años de experiencia en el cultivo y sus niveles de producción, como se describe en la tabla 25.

Tabla 25. Municipios en los que se recolectó información (Tolima)

Municipio	Hectáreas	Edad del cultivo	Experiencia
Coello	65	6-8 años	20 años
Alvarado	42	1-5 años	5 años
Guamo	44	4 años	8 años

Fuente: Elaboración propia

Para el establecimiento del cultivo se utilizan distancias de siembra de 7 × 5 m y 8 × 5 m, con una densidad de entre 250 y 285 árboles por hectárea. Así mismo, cada productor divide el área en lotes, para un mejor manejo y seguimiento de la producción. Esta densidad puede afectar el cálculo de los costos, que depende del número de árboles por hectárea y de la cantidad de insumos requeridos. Por esta razón, se tuvo en cuenta esta proporción para extrapolar el cálculo por hectárea.

La figura 160 muestra la vida útil del proyecto, según la experiencia y los registros de los productores, calculando un promedio de 10 años por ciclo productivo.

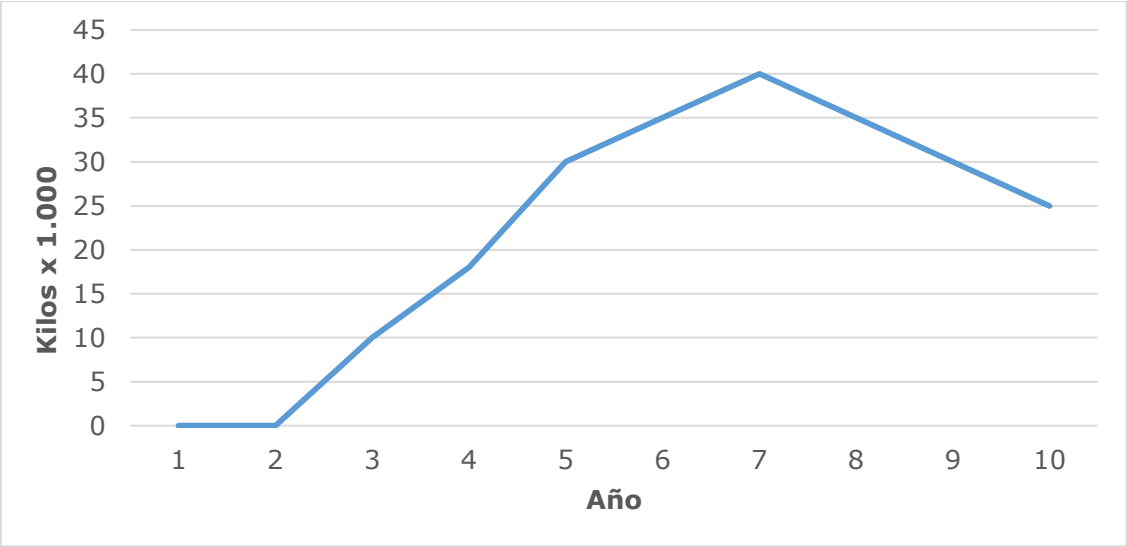


Figura 160. Vida útil de la producción de lima ácida Tahití, en kilos por hectárea y año (Tolima).
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo expuesto, hay un pico productivo en el año 7, con una producción máxima de entre 40 y 50 t/ha al año, aunque este comportamiento puede depender de la densidad y el manejo del cultivo. El cultivo empieza a generar ingresos positivos desde el año 4, es decir que el ciclo real de producción se estima entre los años 4 y 9.

A partir de ese momento, la producción por árbol ya no es rentable y se debe comenzar a renovar los cultivos. Una vez que se ha alcanzado el punto máximo de producción, esta empieza a disminuir aproximadamente un 30 % cada año.

Costos de inversión

Es necesario considerar que los costos de inversión por hectárea varían, dependiendo de factores como el área de producción y el nivel de tecnificación, es decir que, hasta cierto punto, hay costos marginales que van decreciendo, al igual que la producción. Por ejemplo, algunos productores están en el proceso de exportación, lo que exige tener la certificación Global G.A.P., una norma internacional para la producción agropecuaria, que requiere establecer una infraestructura para su debido cumplimiento.

Los costos de inversión se dividen en infraestructura e implementación del cultivo, teniendo en cuenta el proceso que se lleva a cabo hasta la siembra. Para los agentes identificados, el cálculo de estos costos osciló entre 10.000.000 COP y 16.000.000 COP por hectárea, y se estimó un promedio de 13.300.000 COP.

Estos costos dependen del tipo de infraestructura que se construya para oficinas, centros de acopio, bodegas de herramientas y de insumos, comedores y espacios de limpieza y cambio de ropa para los trabajadores, y los instrumentos necesarios para la implementación de las buenas prácticas estipuladas por la norma Global G.A.P.

Cuando se apunta al mercado nacional, los costos de inversión en infraestructura son menores, debido a que la que se requiere es básica, como un sistema de riego y una caseta para bomba de riego, y la necesaria para la cosecha y la poscosecha. Así mismo, en estos costos se calculan insumos y actividades de siembra.

En la tabla 26, se describen los principales costos de inversión en infraestructura mencionados para el sistema productivo de lima ácida Tahití.

Tabla 26. Costos de inversión en infraestructura (Tolima)

Infraestructura	Descripción
Centro de acopio y selección de fruta	Puede variar dependiendo del tamaño (m^2) y de los materiales con los que se fabrique.
Bodega de insumos	Puede variar dependiendo del tamaño (m^2) y de los materiales con los que se fabrique.
Bodega de herramientas	Puede variar dependiendo del tamaño (m^2) y de los materiales con los que se fabrique.
Caseta de riego	Puede variar dependiendo del tamaño (m^2), de los materiales con los que se fabrique y de las hectáreas asignadas.
Comedores para trabajadores	Puede variar dependiendo del tamaño (m^2) y de los materiales con los que se fabriquen.
Vestidores para trabajadores	Puede variar dependiendo del tamaño (m^2) y de los materiales con los que se fabriquen.
Baños para limpieza de trabajadores	Puede variar dependiendo del tamaño (m^2) y de los materiales con los que se fabriquen.
Oficina administrativa	Puede variar dependiendo del tamaño (m^2) y de los materiales con los que se fabrique.
Enramada para maquinaria	Puede variar dependiendo del tamaño (m^2) y de los materiales con los que se fabrique.
Tractor	1.000.000 cop por caballo de fuerza.
Herramientas	Pueden incluir trampas, mallas antiáfidos y utensilios de laboreo y cosecha.
Sistema de riego por goteo	4.000.000 a 5.000.000 cop por hectárea a todo costo.

Fuente: Elaboración propia

Costos totales

Dentro de los costos de operación se incluyeron los cálculos para la fase I (de siembra) y el mantenimiento del cultivo en los primeros dos años del proyecto, que requieren insumos, mano de obra, uso de maquinaria y adecuación de terreno. La fase de siembra se desarrolla en un periodo promedio de cinco días por hectárea, y para ella se identificaron los costos operativos descritos en la tabla 27.

Tabla 27. Costos operativos de la fase I (siembra) (Tolima)

Costos operativos (fase I)	Descripción
Plántulas	Precio por plántula: 6.000 cop en vivero y 7.000 cop puesta en finca.
Insumos	Costo promedio: 150.000 cop por hectárea.
Mano de obra	Promedio de 3 personas por 3 días para siembra: 200.000 cop. Costo de ahoyado: 800 cop por unidad.
Contratación de servicios de subsolado	Costo promedio del servicio de subsolado: 150.000 cop por hectárea. No obstante, algunos productores cuentan con tractor y mano de obra.

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de los costos operativos en la fase II, se tomaron los datos promedio basados en la experiencia y los registros de 2016 de cada uno de los agentes entrevistados. Estos costos se pueden dividir en fijos y variables, como se muestra en la tabla 28.

Tabla 28. Costos operativos de la fase II (Tolima)

Variables	Fijos
Control de malezas	Sueldos
Control de plagas	Asistencia técnica
Control de enfermedades	Temporales
Fertilización	Honorarios
Coadyuvantes	Impuestos
Riego	Arriendos
Cosecha	Seguros
Comercialización	Servicios
Seguridad social para personal provisional	Flota y equipo de transporte
Otros	Mantenimiento
	Depreciaciones
	Varios
	Amortización de la inversión inicial

Fuente: Elaboración propia

Estos costos operativos no se mantienen en el tiempo, sino que suelen ser variables, debido a que dependen del uso y la demanda de los contratos temporales, el mantenimiento y algunos servicios contratados que están sujetos al desarrollo y la dinámica de la producción. No obstante, tienden a estabilizarse año a año.

Para los productores que no tienen créditos a su cargo, estos costos son más bajos en la segunda etapa del cultivo, es decir, de los años 1 al 3, aumentan a partir del 4, y mantienen un nivel constante hasta el 9. Para aquellos que adquieren créditos, el costo fijo es mayor en la etapa del crédito que, por lo general, se da a cinco años. Después del pago total de la deuda, los costos tienden a disminuir y mantenerse hasta el año 9.

Análisis de ingresos

Los ingresos calculados (COP/ha) por la venta de la producción se presentan en ingresos brutos y netos. Es usual que esta venta se haga en la misma finca donde el comprador obtiene el producto, básicamente en dos tipos de presentación: canastilla de 25 kg o bulto de 70 kg.

El fruto se clasifica en tres tipos de calidades: de primera, apta para comercialización y con las características que demanda el comprador; de segunda, que corresponde a frutos con daño mecánico y, de tercera, que incluye frutos con daño por ácaros.

Los propietarios de los predios o los socios de las productoras comercializan la producción mediante intermediarios, pretendiendo siempre disminuir la cadena de distribución, procurando realizar las ventas de forma personal, en busca de un mejor precio de venta.

En la figura 161 se muestra el ciclo de distribución de los ingresos de los agentes en estudio a través del tiempo del proyecto, comparando los ingresos bruto y neto con los costos totales promedio. Los precios se calcularon con la proyección de la inflación hasta el año 12, para mostrar los puntos de equilibrio del proyecto.

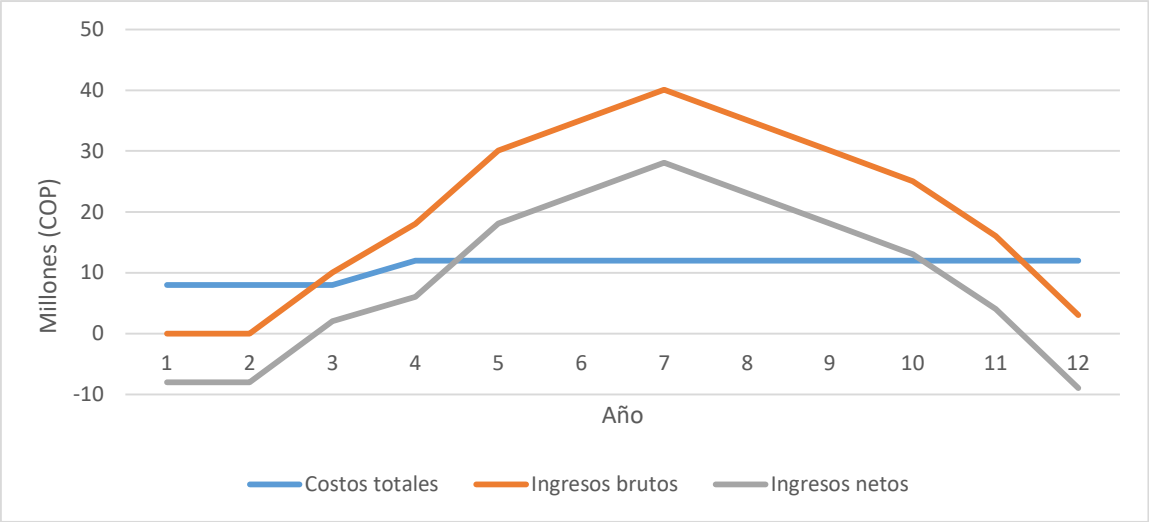


Figura 161. Proyección de ingresos (año/ha) (Tolima).
Fuente: Elaboración propia

Entre los años 2 y 3 se presenta el mínimo de producción, y los ingresos solo alcanzan a cubrir los costos hacia el año 3,5. A partir del año 4 y hasta el 7, se obtienen los mayores ingresos por ventas; y posteriormente ocurre un descenso, de acuerdo con la disminución de la producción. En relación con este comportamiento, el siguiente punto de equilibrio ocurre entre los años 9 y 10. A partir de ese momento, el ingreso generado no alcanza a compensar los costos operativos y, por lo tanto, los saldos son negativos.

Análisis financiero de la cosecha

Los ingresos netos, calculados para cada agente productor, se promediaron y se proyectaron para cada año, teniendo en cuenta la curva de producción estimada, el porcentaje de clasificación en la cosecha y los precios proyectados con IPC, tanto para costos como para precios y créditos bancarios. Estos cálculos se concertaron con cada uno de los agentes en estudio, para presentar un promedio, como se detalla en la tabla 29.

Tabla 29. Ingresos y costos estimados por hectárea (COP) (Tolima)

Año	Ingresos brutos/ha	Costos/ha	Ingresos netos/ha
1	-	11.336.456	-11.336.456
2	6.900.451	11.844.257	-4.943.806
3	19.571.096	12.371.659	7.199.437
4	30.912.771	12.920.033	17.992.738
5	40.227.798	13.490.847	26.736.951
6	47.834.155	11.018.829	36.815.326
7	53.705.805	11.556.915	42.148.890
8	47.805.814	12.122.491	35.683.323
9	38.602.380	12.717.482	25.884.898
10	26.095.143	13.343.946	12.751.197

Fuente: Elaboración propia

Los ingresos reales netos se obtienen a partir del año 4, teniendo como horizonte del proyecto el 9 o máximo el 10, cuando los rendimientos de la cosecha decrecen y los ingresos por hectárea dejan de ser significativos o se vuelven negativos a partir del año 11.

Considerando este comportamiento, se debe empezar un nuevo periodo del proyecto, reemplazando el ciclo de siembra por completo, teniendo en cuenta que, a partir del primer ciclo, se calculan solo costos operativos y financieros si es el caso, debido a que ya se tiene una infraestructura física, que requiere costos de mantenimiento.

Análisis financiero de la inversión

Es importante señalar que en este procedimiento no se calculan los tipos de rendimientos de cada uno de los agentes productivos, ya que la clase y las cantidades de insumos son heterogéneos entre los productores. Para esta estimación se debe realizar un análisis microeconómico, en el que se calcule el tipo de rendimientos, teniendo en cuenta las características detalladas de cada agente.

Para el departamento del Tolima, se usa el promedio muestreado de los agentes en estudio, que tienen características heterogéneas en cuanto a infraestructura, experiencia, manejo, y otras variables que no se analizan en este apartado. Utilizando las tasas de descuento planteadas para el cálculo de indicadores de cada uno de los agentes y promediando los resultados, se obtuvieron las cifras presentadas en la tabla 30.

Tabla 30. Indicadores financieros (VAN, TIR y B/C) (Tolima)

Departamento	Tasa de descuento: 6,78 %			Análisis de sensibilidad en VAN	
	VAN	TIR	B/C	16 %	12 %
Tolima	109.021.138 cop	42 %	1,4	53.348.768 cop	72.038.039 cop

VAN: valor actual neto; TIR: tasa interna de retorno; B/C: beneficio/costo.
Fuente: Elaboración propia

La observación principal fue que los indicadores son positivos en cada uno de los casos. Así mismo, se constató que el agente productivo que presentó una mayor rentabilidad de forma individual —según el VAN, la TIR y la relación beneficio/costo— realiza un manejo agrobiológico, por lo que obtiene un porcentaje superior de frutos de alta calidad, que se venden a un mejor precio en el mercado que aquellos que se manejan de manera convencional, haciendo un control con insumos de síntesis química.

Dado que la tasa interna de retorno (TIR) es un indicador de rentabilidad que muestra el porcentaje de beneficio o pérdida de una inversión, entre mayor es su valor, mejor es el resultado financiero. En este caso, en promedio hay una TIR positiva, que representa la tasa de crecimiento del capital y la capacidad de generar retornos en relación con la inversión: entre los agentes muestreados, se obtuvo una TIR mínima del 27 % y una máxima del 51 %. El hecho de que este porcentaje sea positivo indica que la inversión generará ganancias monetarias en el periodo analizado.

Cuando el indicador beneficio/costo promedio es mayor a uno, indica ganancias netas en la producción de lima ácida Tahití. Así, para los agentes muestreados se calculó un beneficio/costo máximo de 1,9 y uno mínimo de 0,4. Finalmente, el periodo de recuperación promedio de la inversión se calculó en 3,3 años.

De igual forma, teniendo en cuenta las diferentes tasas de descuento —DTF, DTF + 10EA y TSD—, el análisis de sensibilidad muestra que el proyecto tiene rentabilidades positivas a lo largo del periodo calculado.

Por otro lado, se observó heterogeneidad entre los departamentos y los agentes, en lo que respecta a la estructura y el manejo financiero del sistema productivo. Además, existen diferencias en las características socioeconómicas de los agentes, el tamaño de predios, el tipo de estructura (según el nivel de comercialización), el espaciado de los cultivos, el nivel de dependencia del sistema productivo, la capacidad de endeudamiento, la aptitud para adaptarse y adoptar las normas concernientes al cultivo, así como en la transformación económica.

Un ejemplo de esta heterogeneidad se puede observar en la tabla 31, que refleja que algunas propiedades básicas de la fase I de la producción se ven influenciadas por el tipo de clima, el terreno, el destino de la producción y otras características socioeconómicas del cultivo.

Tabla 31. Comparación de los costos operativos de la fase I en Santander y Tolima

Costos operativos (fase I)	Santander	Tolima
Plántulas	Precio por plántula en vivero: 3.000-3.500 COP.	Precio por plántula: 6.000 COP en vivero y 7.000 COP puesta en finca.
Flete por transporte de plántulas	60.000 cop para 250-300 plántulas.	1.000 cop por plántula.
Insumos	Promedio de costos: 6.000.000-7.000.000 COP por hectárea.	Promedio de costos: 8.000.000-15.000.000 COP por hectárea.
Mano de obra	3.500.000-4.500.000 COP.	Promedio de 3 personas por 3 días para siembra: 200.000 COP. Costo de ahoyado: 800 COP por unidad.
Contratación de servicios	Mano de obra extra (de ser necesaria): 36.000 COP al día.	Costo promedio del servicio de subsolado: 150.000 COP por hectárea. No obstante, algunos productores cuentan con tractor y mano de obra.

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia una diferencia en los costos, como el transporte o flete por plántula, que pueden variar dependiendo de la distancia y el tipo de terreno que hay entre el vivero y la finca; o el precio de los insumos, que puede verse afectado por la disponibilidad de los productos en el mercado o el precio de las importaciones, entre otros factores. De igual forma, la contratación de los servicios depende de la estructuración y las características de la producción.

Teniendo en cuenta la heterogeneidad a nivel departamental de los sistemas productivos muestreados, en la tabla 32 se muestra el resumen de los indicadores financieros para los dos departamentos. Se puede observar que la tasa interna de retorno promedio calculada, es decir, los rendimientos futuros esperados, es del 42 % en los dos casos, y que en Santander el beneficio/costo en el sistema productivo es mayor que el del Tolima. No obstante, en los dos casos es mayor a cero.

Tabla 32. Indicadores financieros (VAN, TIR y B/C) (Santander y Tolima)

Departamento	Tasa de descuento: 6,78 %			Análisis de sensibilidad en VAN	
	VAN	TIR	B/C	16 %	12 %
Santander	125.156.392 cop	42 %	1,9	49.047.794 cop	72.780.366 cop
Tolima	109.021.138 cop	42 %	1,4	53.348.768 cop	72.038.039 cop

VAN: valor actual neto; TIR: tasa interna de retorno; B/C: beneficio/costo.
Fuente: Elaboración propia

Por el contrario, con una tasa de descuento del 16 %, el VAN es mayor en el Tolima. Sin embargo, se evidencia que la producción es rentable para los dos departamentos, y que el periodo de recuperación de la inversión es similar: 3,3 años en el Tolima y 3,5 en Santander. Aun así, se debe tener en cuenta que se calcula que el ciclo productivo de Santander es un 100 % más extenso que en el Tolima.

Para realizar un análisis más detallado del sistema productivo, identificando el tipo de productores, costos, capitales, y el peso de cada una de las variables en ese sistema, se deben desarrollar modelos microeconómicos, que contengan la información necesaria para visualizar el comportamiento del sistema *in situ.*

Agradecimientos

Este capítulo ha sido posible gracias al interés y la disposición de los representantes de diferentes asociaciones que brindaron su experiencia en el área de la producción de cítricos, haciendo posible un acercamiento real a los costos de producción de la lima ácida Tahití.

En el departamento de Santander, el autor agradece a la Asociación de Campesinos del Municipio de Girón (Asocamgir), el Comité de la Cadena Citrícola de Santander (CCCS), la Asociación de Citricultores de Santander (Citrisantander), la Asociación de Productores de Hortalizas y Frutas de Lebrija (Asohofrutal), así como a productores independientes. En el departamento del Tolima, agradece a la Asociación de Productores de Limón del Valle del Magdalena (YUMA), a sus asociados y a productores independientes.

También agradece a los investigadores de Agrosavia Jairo López González, por el acompañamiento en el levantamiento de la información primaria, y al economista Jairo Ramírez Rojas, Demian Takumasa Kondo y Yeison David López-Galé por la revisión del documento.

Referencias

Banco de la República (Banrep). (s.f.). *Índice de precios al consumidor (IPC)*. Recuperado de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:_K86NTRdk5oJ:www.banrep.gov.co/sites/default/files/IPC_Total_nacional.xls+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2016-2017). *Sistema Nacional de Precios (Sipsa)* [Bases de datos]. Recuperado de https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/sistema-de-informacion-de-precios-sipsa.

Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario (Agronet). (2017). *Estadísticas agropecuarias* [Bases de datos]. Recuperado de http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx.

Los autores

Nubia Murcia Riaño
Correo: nmurcia@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-5679-3885

Ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Diploma de estudios avanzados en Producción Vegetal y doctorado en Producción Vegetal y Ecosistemas Agroforestales de la Universidad Politécnica de Valencia, España. Se ha desempeñado en investigación en fitopatología y en la coordinación de proyectos de investigación en manejo integrado de enfermedades en los sistemas productivos de cítricos y aguacate. Cuenta con experiencia en técnicas de diagnóstico biológico y molecular de patógenos de plantas con énfasis en virus viroides y hongos. En la actualidad se desempeña como investigadora PhD adscrita a la Red de Frutales en en el Centro de Investigación de Palmira de la Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Mauricio Fernando Martínez
Correo: mmartinez@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-8145-1764

Ingeniero agrónomo y MSc en Ciencias Biológicas – línea de investigación en Biotecnología Vegetal de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. En la actualidad se desempeña como investigador máster en Agrosavia CI Palmira, Valle del Cauca, Colombia, donde ha trabajado en las áreas de producción e investigación en especies frutícolas como cítricos, aguacate y pitaya amarilla. Su trabajo está orientado a la generación de bases tecnológicas para el aseguramiento de la calidad genética, fisiológica y fitosanitaria del material de propagación en estos frutales, donde se articulan las áreas de biotecnología en caracterización de recursos fitogéneticos, la estandarización de técnicas de diagnóstico para algunas enfermedades con la producción del material vegetal en condiciones de vivero, casas de malla e invernaderos. Ha participado en proyectos de investigación en el área de mejoramiento genético de cítricos y aguacate tanto en copas como patrones, para aumentar la oferta varietal en Colombia.

Javier Orlando Orduz-Rodríguez
Correo: jorduz@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-7012-4573

Ingeniero agrónomo. Magíster en Citricultura de la Universidad Politécnica de Valencia (España). Doctor en Ciencias Agrarias con énfasis en Fisiología de Cultivos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Ha trabajado en proyectos de investigación, transferencia de tecnología e innovación en cítricos, frutas tropicales y marañon durante tres décadas para las condiciones del trópico bajo de Colombia. Actualmente se desempeña como Investigador Asociado, PhD, de la Red de Frutales con sede en el Centro de Investigación La Libertad (Villavicencio, Meta) de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Liliana Ríos-Rojas
Correo: lriosr@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-6978-0434

Ingeniera agrícola de la Universidad Nacional de Colombia. Magíster en Ingeniería Recursos-Hidráulicos, PhD en Ciencias de la Agricultura, de la Universidad Católica de Chile mención en fisiología vegetal con énfasis en relaciones hídricas de los cultivos. Ha trabajado en el área ambiental con proyectos de gestión de los recursos hídricos en la Universidad Nacional de Colombia, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Desde el 2008 a la fecha se encuentra vinculada a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, como investigadora PhD, desarrollando proyectos en el área de las relaciones hídricas de los frutales. También se desempeña como profesora ocasional de la Universidad Nacional de Colombia en el posgrado de Ciencias Agrarias.

Yeison López Galé
Correo: ylopezg@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-2450-0627

Biólogo de la Universidad de Sucre. Estudiante de la maestría en Ciencias Agrarias en la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Ha trabajado en proyectos de investigación de los sistemas productivos de aguacate y especies cítricas en la línea de protección y sanidad vegetal. Actualmente se desempeña como profesional de apoyo a la investigación adscrito a la Red Frutales en el Centro de Investigación Palmira de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Marlon José Yacomelo Hernández
Correo: myacomelo@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-5831-5246

Ingeniero agrónomo de la Universidad del Magdalena, con maestría en ciencias agrarias con énfasis en suelo, agua y nutrición vegetal de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Investigador de la red de frutales en AGROSAVIA, con habilidades para desarrollar programas de investigación y transferencia de tecnologías, con capacidades para identificar limitantes y proponer soluciones en el área de suelo, agua y nutrición vegetal que garanticen la preservación de los recursos naturales y contribuyan en el aumento de la productividad de los cultivos. Actualmente se desempeña como investigador máster adscrito a la Red de Frutales del Centro de Investigación de Caribia de la Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Arturo Carabalí Muñoz
Correo: acarabali@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-7623-3316

Ingeniero agrónomo, magíster en Ciencias Biología-Entomología y PhD en Ciencias Biología-Entomología; y especialista en Entomología Económica de la Universidad del Valle, Colombia. En la actualidad se desempeña como investigador PhD asociado del Centro de Investigación de Palmira en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), donde coordina proyectos de investigación en insectos-plaga de importancia económica en frutales tropicales y cacao.

Takumasa Kondo
Correo: tkondo@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-3192-329X

Ingeniero agrónomo y MSc en Ciencias de la Universidad de Agricultura de Tokio. Participó en el Curso de Intercambio en el Departamento de Entomología de la Michigan State University, Michigan, EE. UU.; PhD del Departamento de Entomología y Fitopatología, Auburn University, Alabama, EE. UU.; postdoctorado en el Departamento de Entomología, University of California, Davis. Es editor jefe de la revista *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*; editor temático en el área de taxonomía y sistemática de las revistas *Neotropical Entomology*, *Brasileira de Entomología*, *Colombiana de Entomología*, y miembro del consejo editorial de las revistas *International Journal of Insect Science* y *Fronteras de la Ciencia*. Actualmente se desempeña como investigador senior en AGROSAVIA en el Centro de Investigación Palmira de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

María Cristina García Muñoz
Correo: mcgarcia@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-7099-4838

Ingeniera química de la Universidad Nacional de Colombia con especialización en Ciencia y Tecnología de Alimentos; magíster en Tecnología de Alimentos en Wageningen, con énfasis en Diseño de procesos y productos; y doctorado en Biotecnología y Microbiología en Montpellier. Trabajó en temas de manejo cosecha, poscosecha, conservación y transformación encaminados a la reducción de pérdidas y valorización de la producción; especialmente en frutas, cacao, raíces y tubérculos. Actualmente es la presidente del Comité de Normalización de Frutas, Hortalizas, Raíces y Tubérculos Frescos y se desempeña como investigadora PhD en el Centro de Investigación Tibaitatá de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Nora Cristina Mesa Cobo
Correo: ncmesac@unal.edu.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-4684-0219

Licenciada en Biología y Química. Ha liderado proyectos de investigación y extensión en cítricos, aguacate, café y papaya. Actualmente es profesora titular de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Lideró el Grupo de Investigación en Acarologia.

Jairo López González
Correo: jairo0255@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-6464-5559

Profesional en gestión empresarial y tecnólogo agrícola de la universidad industrial de Santander (UIS). Trabajó durante 41 años en las entidades Sader, ICA y AGROSAVIA. En proyectos de investigación y transferencia de tecnología de las especies cítricos, aguacate, piña y mora. Actualmente labora en la Empresa Colombiana de Frutas Tropicales y Servicios Técnicos S.A.S que presta servicios de asesoría y asistencia técnica agrícola en frutales. Se desempeñó como profesional en el Centro de Investigación La Suiza de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) hasta el año 2016.

Lumey Pérez Artiles
Correo: lpereza@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-8192-1896

Bióloga egresada de la Universidad de La Habana, Cuba; magíster en Fruticultura Tropical y PhD en Entomología Agrícola de la Universidad Estatal Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Brasil. Investigadora con más de 12 años de experiencia con énfasis en el manejo integrado de plagas y enfermedades, manipulación del hábitat y control biológico; con experiencia en el manejo de insecto vectores de fitopatógenos. En los últimos años, ha trabajado en proyectos relacionados con el manejo del patosistema huanglongbing (HLB)-*Diaphorina citri* en cítricos. Actualmente, es investigadora PhD adscrita a la Red de Frutales en el CI Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Diana Milena Rodríguez Mora
Correo: dmrodriguez@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-6545-3746

Ingeniera agrónoma, magíster en Ciencias Agrarias, línea de investigación Protección de Cultivos con énfasis en Fitopatología. Ha trabajado en proyectos de investigación en los sistemas productivos de cítricos y aguacate. Con experiencia en el desarrollo de metodologías de diagnóstico de virus, viroides, hongos y oomicetos con métodos tradicionales y moleculares, e implementación de marcadores moleculares para determinar diversidad genética de plantas y fitopatógenos. Actualmente, es investigadora máster adscrita a la Red de Frutales en el Centro de Investigación Palmira de la Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

José Mauricio Montes Rodríguez
Correo: jmontesr@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-9281-2991

Ingeniero agronómo, magíster en Entomología. Su producción científica se ha enfocado en taxonomía de insectos con énfasis en insectos escama de la superfamilia Coccoidea y moscas de las frutas del género Anastrepha, generando nuevos registros para el país de insectos de importancia agrícola; manejo integrado de plagas evaluando prácticas de manejo sostenibles económica y ambientalmente; y biología de la conservación, con el uso de insectos especialmente hormigas y escarabajos coprófagos como bioindicadores de impacto antrópico. Cuenta con trayectoria laboral de seis años de experiencia en el Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario del Instituto Colombiano Agropecuario, sede Cúcuta y actualmente se desempeña como investigador máster del Centro de Investigación La Suiza de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Mónica Betancourt Vásquez
Correo: mbetancourt@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-6702-9524

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Caldas, diplomada en Estudios avanzados en Biotecnología y Microorganismos Asociados y PhD en Ciencias Agrarias de la Universidad Politécnica de Madrid. Tiene experiencia en diagnóstico y caracterización biológica y molecular de patógenos de plantas, énfasis en epidemiología, evolución de virus de plantas y manejo integrado de enfermedades en los cultivos de plátano, mora, maracuyá, tomate de árbol, lulo, caña de azúcar y papa. Se ha desempeñado como docente universitaria e investigadora en fitopatología, microbiología y biología molecular. Actualmente es investigadora PhD asociada de la Red de Frutales en el Centro de Investigación Tibaitatá-sede Central de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Isaura Viviana Rodríguez Torres
Correos: isauraviviana@gmail.com; ivrodriguezt@unal.edu.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-4684-0219

Ingeniera agrónoma y PhD en Ciencias Agropecuarias, Línea Protección de Cultivos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Ha trabajado en proyectos de investigación en fríjol y cítricos en el área de entomología y acarología y como docente universitario y asesor particular. Actualmente es profesora ocasional de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, y consultor de empresas privadas.

Juliene Andrea Barreto Rojas
Correo: jbarreto@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-3308-2244

Ingeniera agrónoma. Estudiante de maestría en Ciencias Agropecuarias con énfasis en Fitomejoramiento en la Universidad Nacional de Colombia. Ha trabajado en proyectos de investigación en frutales y en proyectos asociados a la producción de semillas de calidad de variedades regionales para pequeños productores. Actualmente, es profesional de apoyo adscrito a la Red de Frutales, Centro de Investigacipon Palmira de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

Rubilma Tarazona Velásquez
Correo: rtarazona@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-4837-8024

Economista y estudiante de maestría en Políticas Públicas de la Universidad del Valle, Cali. Ha trabajado en proyectos de caracterización sociocultural y económica, valoración económica ambiental, impacto económico ambiental, y análisis financiero de sistemas de producción agrícola. Actualmente es profesional de apoyo en economía adscrita a la Red de Transversales en el Centro de Investigación Palmira de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Diana Mayerly Mateus Cagua
Correo: dmateus@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-7876-5343

Ingeniera agrónoma. Estudiante de la maestría en Ciencias Agracias con énfasis en Fisiología de Cultivos de la Universidad Nacional de Colombia. Ha trabajado en proyectos de investigación de sistemas productivos frutales como cítricos, marañón y plátano, y permanentes como caucho, también ha apoyado procesos de transferencia con productores y asistentes técnicos. Actualmente se desempeña como profesional de apoyo a la investigación y se encuentra adscrita a la Red de Frutales en el Centro de Investigación La Libertad de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Heberth Augusto Velásquez Ramírez
Correo: hvelasquez@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-4996-149X

Ingeniero agroforestal de la UNAD. Ha trabajado en proyectos de investigación en frutales como cítricos y marañón. Actualmente, se desempeña como profesional de apoyo, adscrito a la Red de Frutales del Centro de Investigación La Libertad de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Hover Beltrán López
Correo: hdbeltranl@unal.edu.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-6355-4831

Ingeniero Agrónomo. Estudiante de maestría en Biotecnología Molecular y Celular de Plantas en la Universidad Politécnica de Valencia, España. Participó en proyectos de investigación que dieron como resultado el presente modelos y se desempeñó como profesional de apoyo a la investigación adscrito a la Red de Frutales, en el Centro de Investigación Palmira de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Carolina Pisco Ortiz
Correo: ypiscoo@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-1742-5753

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Cundinamarca, con experiencia en investigación en el área de protección de cultivos frutícolas y cultivos transitorios. Cuenta con conocimientos en identificación, seguimiento y evaluación de enfermedades y su asociación con factores epidemiológicos. Actualmente es estudiante de maestría en Ciencias Agrarias en la Universidad Nacional de Colombia y se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en el Centro de Investigación La Libertad de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Leonardo Álvarez Ríos
Correo: lalvarezr@unal.edu.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-6243-0781

Ingeniero agrónomo, magíster y PhD en Ciencias Agrarias con especialidad en Protección de Cultivos y énfasis en Acarología. Cuenta con experiencia en formulación y desarrollo de proyectos asociados a plagas insectiles de interés agrícola en diferentes cultivares de importancia económica, así como el estudio de ácaros del suelo y asociados a cultivos comerciales con énfasis en cítricos. Actualmente es investigador adscrito al Grupo de Acarología de la Universidad Nacional, docente de la Universidad Nacional de Colombia y de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Clever Gustavo Becerra Romero
Correo: cbecerra@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-0894-7859

Ingeniero agrícola, magíster en ciencias agrarias, énfasis Suelos, de la Universidad Nacional de Colombia con experiencia en análisis y manejo de suelos para uso agropecuario, física de suelos, aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la evaluación de potencialidades de uso de la tierra, agricultura específica por sitio y agricultura de precisión. Cuenta con experiencia en participación de proyectos de investigación en el manejo de suelos. Actualmente, es investigador máster adscrito a la Red de Transitorios del Centro de Investigacipon Palmira, sede Popayán, de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Blanca Lucía Botina Azaín
Correo: bbotina@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-8417-6526

Microbióloga con maestría en Ciencias Biológicas área Microbiología de la Universidad de los Andes. Cuenta con experiencia laboral en el control de calidad de alimentos en la industria e investigación relacionada con el área de poscosecha y control biológico de enfermedades en diferentes sistemas productivos. Actualmente, es profesional de apoyo a la investigación adscrita a la Red de Frutales del Centro de Investigación Tibaitatá de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Liliana Carolina Castillo Villamor
Correo: lccastillov@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-3442-5811

Ingeniera agrícola, magíster en Ciencias de la Geoinformación y Observación de la tierra. Ha trabajado en proyectos de investigación en agroclimatología en el área de ciencias de la geoinformación y observación de la tierra en AGROSAVIA. Actualmente, es estudiante de doctorado en Geografía en la Universidad de Aberystwyth, Reino Unido, y enfoca su investigación en el uso de imágenes satelitales para la detección de anomalías en áreas de cultivo.

Edwin Oswaldo Rojas Barbosa
Correo: edwfismat@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-9129-6366

Licenciado en física, magíster en meteorología con estudios profesionales complementarios en gestión de servicios de información agrometeorológica frente al cambio climático. Experiencia en formulación, implementación, coordinación y asesoramiento de proyectos en áreas relacionadas con agroclimatología, cambio y variabilidad climática y análisis de riesgos climáticos en agricultura y desarrollo de servicios climáticos que contribuyan a la toma de decisiones de manejo de cultivos por parte de pequeños productores y su adaptación a la variabilidad climática y mitigación del cambio climático para el sector agropecuario. Cuenta con experiencia en modelamiento de cultivos, fortalecimiento de capacidades, identificación e implementación participativa de medidas adaptativas, diseño e implementación de redes de monitoreo agrometeorológico, uso de modelos de simulación para evaluar el comportamiento de los cultivos en función de las condiciones climáticas y meteorológicas y en proceso de fortalecimiento de capacidades con pequeños productores, y es profesor asistente de la Universidad Militar Nueva Granada.

Jhon Mauricio Estupiñán Casallas
Correo: jmestupinan@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-8782-7291

Ingeniero agrícola y magíster en Ingeniería-Recursos Hidráulicos. Cuenta con experiencia en el manejo y mapeo de información hidrológica, climática y edafológica. Ha participado en estudios enfocados en la adaptación a la variabilidad climática, zonificaciones agroclimáticas, y en el diseño de recomendaciones para el manejo del recurso hídrico en diferentes cultivos a nivel predial y de cuenca hidrográfica. Actualmente se desempeña como investigador en el área de agroclimatología en el Centro de Investigación Tibaitatá de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA.

Andrea Onelia Rodríguez Roa
Correo: arodriguezr@agrosavia.co
Orcid https://orcid.org/0000-0001-9279-3607

Licenciada en Física con maestría en Ciencias-Meteorología y especialización en Geomática. Área de investigación en las ciencias de la Tierra, específicamente en climatología, agroclimatología, variabilidad y cambio climático. Ha trabajado en evaluación de modelos climáticos globales, generación de escenarios de cambio climático, construcción de sistemas expertos y de alertas tempranas en el campo de la agroclimatología; así como en proyectos de investigación en análisis de los factores climáticos en relación con el crecimientos y desarrollo de cultivos y el comportamiento de plagas, zonificación agroclimática y análisis de riesgos agroclimáticos. Actualmente se desempeña como investigadora máster, adscrita a la Red de Raíces y tubérculos, Centro de Investigación Tibaitatá de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

www.siembra.gov.co

El campo es de todos

Minagricultura